

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

# **Optimalizace načítání DMC kódu na montážní lince**

## **Optimization of DMC Code Loading on the Assembly Line**

Student:

Bc. Michal Marek

Osobní číslo:

MAR0572

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Ondřej Hilšer

Ostrava 2020

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Michal Marek**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie  
Téma: **Optimalizace načítání DMC kódu na montážní lince**  
**Optimization of DMC Code Loading on the Assembly Line**  
Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

- 1) Představte aktuálních trendy v automobilovém průmyslu.
- 2) Proveďte rešerši možností systému sledování toku materiálu (výrobků).
- 3) Uveďte postup montáže termoregulačního modulu.
- 4) Proveďte optimalizaci systému načítání DMC kódu.
- 5) Proveďte celkové hodnocení dosažených výsledků.
- 6) Uveďte závěrečné hodnocení.

### Seznam doporučené odborné literatury:

SINAY, J. a KOTLÁNOVÁ, Z. Automotive industry in the context of Industry 4.0 strategy. *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské-Technické univerzity Ostrava, Řada bezpečnostní inženýrství*. 2018, vol. 13, no. 2, pp. 61-65. ISSN 1801-1764.  
SMETANA, J. *Projektování technologických pracovišť*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1990. 195 s. ISBN 80-7078-033-9.  
HLAVENKA, B. *Manipulace s materiálem: Systém a prostředky manipulace s materiálem*. 4. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 163 s. ISBN 978-80-214-3607-7.  
HLAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I*. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ondřej Hilšer**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020

Ing. Lucie Krejčí, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

#### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V práci jsem použil interní údaje o technických parametrech získaných od firmy Schaeffler Production CZ s. r. o., Svitavy, firma s jejich zveřejněním souhlasí.

V Ostravě dne 18. května 2020



.....  
Podpis studenta

### **Prohlášení spolupracující osoby**

Souhlasím se zveřejněním této diplomové práce dle požadavků čl. 6, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v magisterských studijních programech VŠB-TU Ostrava.

Spolupracující osoba:

Schaeffler Production CZ s.r.o. – závod Svitavy

Průmyslová 2295/26

56802 Svitavy

Jméno a příjmení oprávněné osoby:

Vedoucí segmentu pan Mgr. Jiří Švarc

Ve Svitavách dne 18. května 2020.

Schaeffler Production CZ s.r.o.  
závod Svitavy  
Průmyslová 2295/26, 568 02 Svitavy  
IČO: 25922092, DIČ: CZ25922092  
Tel.: 465 837 101    +5-



Podpis oprávněné osoby

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou diplomovou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše),
- beru na vědomí, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18. května 2020.



Podpis studenta

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

MAREK, M. *Optimalizace načítání DMC kódu na montážní lince: Diplomová práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2020, 66 s. Vedoucí práce: Ing. Ondřej Hilšer

Diplomová práce se zabývá načítáním DMC kódů za sériových podmínek na montážních linkách v automobilovém průmyslu. Úvodní část práce popisuje současné trendy v automobilovém průmyslu. Další kapitola je věnována sledování toku materiálu pomocí čárových kódů, popisuje jednotlivé typy čárových kódů a zmiňuje jejich uplatnění v běžném životě. Experimentální část diplomové práce byla realizována ve společnosti Schaeffler Production CZ s. r. o. a pozornost je soustředěna na testování kamer pro načítání DMC kódů a následnému vyhodnocení jejich kvality.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

MAREK, M. *Optimization of DMC Code Loading on the Assembly Line: Master Thesis.* Ostrava: VSB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2020, 66 p. Thesis head: Ing. Ondřej Hilšer

The Master thesis deals with the reading of DMC codes for serial conditions on assembly lines in the automotive industry. The first part describes the current trends in the automotive industry. The second chapter is devoted to monitoring the flow of material using barcodes, describes the various types of barcodes and mentions their application in everyday life. The experimental part was realized in the company Schaeffler Production CZ s. r. o. and attention is focused on testing cameras for reading DMC codes and subsequent evaluation of their quality.

# Obsah

<b>Seznam použitých zkratk, značek a symbolů .....</b>	<b>9</b>
<b>ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
<b>1 TRENDY V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU.....</b>	<b>11</b>
1.1 Konektivita.....	11
1.1.1 Propojené vozidlo.....	12
1.1.2 Propojená silniční infrastruktura.....	12
1.1.3 Komunikace s vozidly a infrastrukturou.....	13
1.2 Autonomní řízení.....	13
1.3 Alternativní pohony.....	15
1.4 Digitalizace výroby .....	16
1.5 Zpřísňování ekologických a bezpečnostních standardů.....	16
1.6 Sdílená mobilita.....	17
<b>2 SLEDOVÁNÍ TOKU MATERIÁLU POMOCÍ ČÁROVÝCH KÓDŮ .....</b>	<b>18</b>
2.1 Rozdělení čárových kódů.....	19
2.2 Čárové kódy.....	19
2.3 QR kódy .....	21
2.4 DMC kódy .....	23
2.4.1 Struktura DMC.....	23
2.4.2 Technická charakteristika DMC.....	24
2.4.3 Technologie značení DMC.....	25
2.4.4 Načítání DMC.....	27
2.4.5 Kvalita DMC .....	30
2.4.6 Verifikace DMC.....	31
<b>3 MONTÁŽNÍ LINKY .....</b>	<b>33</b>
3.1 Rozdělení montážních linek .....	34

<b>4 OPTIMALIZACE NAČÍTÁNÍ DMC.....</b>	<b>37</b>
4.1 Uvažované kamery .....	37
4.2 Zkoušené vzorky DMC .....	43
4.3 Načítání vzorků DMC.....	46
4.3.1 Kamera In-Sight 8000 .....	47
4.3.2 Kamera Dataman 150/260 .....	48
4.3.3 Kamera O2I104.....	49
<b>5 VYHODNOCENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>52</b>
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>54</b>
<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>56</b>
<b>Seznam obrázků.....</b>	<b>58</b>
<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>60</b>
<b>Seznam Příloh .....</b>	<b>61</b>



## Seznam použitých zkratk, značek a symbolů

Symbol	Význam
ESP	Elektronický stabilizační program
CNG	Stlačený zemní plyn
UPC	Univerzální kód produktu
AEN	Evropské číslo produktu
QR	Kódy rychlé reakce
DM	Datová matice
DMC	Datový maticový kód
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
IEC	Mezinárodní elektrotechnická komise
$B_j$	Koeficient významnosti
$B_{jN}$	Normovaný koeficient významnosti
$H_{pj}$	Průměrná hodnota pro dané kritérium
$S_j$	Hodnota relativní užitelnosti
$V_j$	Výsledné hodnocení

## ÚVOD

Automobilový průmysl je fenomén, který významně změnil svět a už vždycky bude hrát důležitou roli ve fungování naší společnosti. Jako dopravní prostředek je automobil nepostradatelným pro mnoho ekonomických činností. Jeho existence umožňuje fungování takto rozvinuté ekonomiky a jeho cena i provozní náklady se promítají do cen téměř všech druhů zboží. Je proto mnoho zájemců, kteří chtějí ovládnout alespoň nějakou část globálního automobilového trhu. Automobilový průmysl se právě díky tvrdé konkurenci stal hřištěm jen pro velké hráče.

Má-li v dnešní době podnik na dravém trhu přežít a zůstat úspěšný, musí neustále zlepšovat nabízené produkty i služby. Podnik tak musí inovativně přemýšlet a být schopen uvést teoretické nápady úspěšně do praxe. Zavádění sledovatelnosti produktů a její optimalizace v podmínkách firmy je významným krokem zlepšování služeb zákazníkovi a zároveň pomáhá lépe řídit vlastní interní procesy napříč materiálovým tokem.

Realizace diplomové práce mi byla umožněna firmou Schaeffler Production CZ s. r. o., která má po celém světě více než 87 000 zaměstnanců v 50 zemích světa. Firma je v celosvětovém měřítku předním integrovaným dodavatelem automobilového průmyslu a dalších průmyslových odvětví. Tento koncern je zárukou nejvyšší kvality a výrazného inovačního potenciálu. Podnik vyrábí přesné součásti a systémy určených pro motory, převodovky, a také nabízí produkty v oblasti valivých i kluzných ložisek pro nejrůznější průmyslové aplikace.

Cílem této diplomové práce bylo vybrat a nastavit nejvhodnější kameru pro načítání DMC kódu v montážní lince na výrobu termoregulačních modulů ve společnosti Schaeffler. Trendem montážních linek je neustálé snižování taktu linky, případně jednotlivého stroje, ale také k snižování zmetkovitosti, které vede k výrazně zlepšenému ekonomickému výsledku firmy.

## 1 TRENDY V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU

Automobilový průmysl prochází v poslední době řadou velkých změn, které mají ambici výrazně proměnit celý sektor. A to nejen v technických novinkách na samotných automobilech, ale i v procesu výroby a v obchodním modelu. K hlavním trendům patří pokračující tlak výrobních závodů na snižování nákladů a zvyšování efektivity výroby ve vlastních továrnách i u dodavatelů. Do budoucna tak cesta k úspěchu povede přes rozčlenění portfolia produktů, globálních trhů a investic do vývoje a inovací.<sup>1</sup>

Dalším faktorem, který bezesporu ovlivňuje a v budoucnu i nadále ovlivní automobilový průmysl, je pokračující zpřísnění ekologických požadavků na vypouštění oxidu uhličitého nejen na ekologický provoz vozidel, ale také na ekologickou výrobu samotných vozů, továrny jsou přísně kontrolovány na množství vypuštěných zplodin do ovzduší, znečištění vodních toků a půdy či sledování produkce odpadu a jeho třídění. Dále je kladen důraz na bezpečnostní standardy (požadavky na airbagy, systémy ESP (Electronic Stability Program), elektronická kontrola stability vozu pro vyrovnávání smyku). Samostatnou kapitolu tvoří nové pohony, kde prim hraje elektromobilita (i když např. v ČR se elektromobily podílejí na celkových prodejkách stále jen 0,1 %). Rozvíjí se však i pohony na CNG (Compressed Natural Gas) či vodík. Uživatelsky nejzajímavější inovace pak probíhají v propojování aut s mobilními telefony a v systémech autonomního řízení.<sup>1</sup>

Trendem poslední doby jsou pak různé elektronické modifikace jako je např. adaptivní tempomat, parkovací senzory, dešťové senzory, monitorování mrtvého úhlu, startování bez klíče, noční vidění, parkovací asistent a mnoho dalších. Podpůrné systémy se významně podílejí na zvýšení nespolehlivosti vozu, a proto nebývají hlavním požadavkem na vybavení vozidla.<sup>2</sup>

Konkurenční boj pohání výzkum a vývoj v oblasti automotive neustále dopředu a tímto klade vysoký nárok na neustálý pokrok v rámci automobilových systémů.<sup>2</sup>

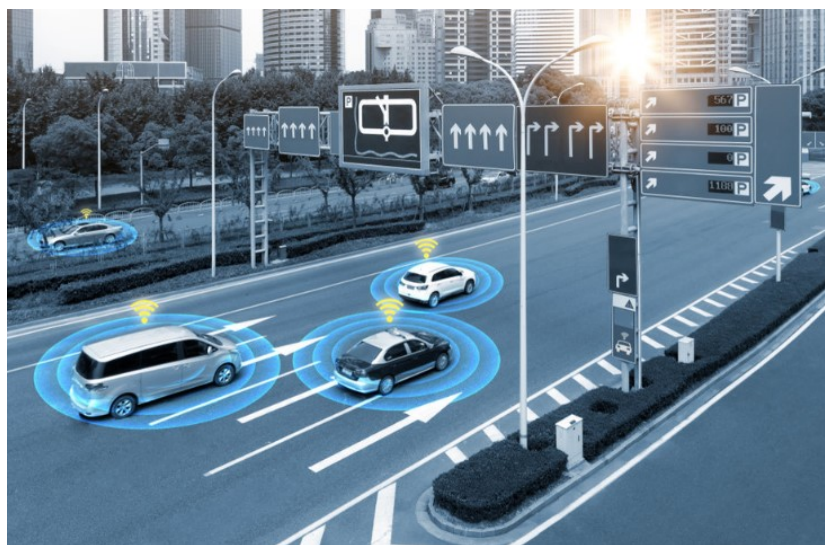
### 1.1 Konektivita

Konektivita, digitalizace a mnoho dalších jsou důležité objekty zájmu expertů v inovativních centrech automobilových výrobců a jejich dodavatelů. Automobil budoucnosti bude komunikovat nejen se svými částmi, majitelem a bezpečnostními prvky

kolem, ale také s okolními vozidly a inteligentními komunikacemi. Automobil se stane součástí infrastruktury, se kterou bude schopen komunikovat a sdílet informace.

Vývoj směřuje k úplné propojitelnosti vozidel, dopravních a komunálních služeb (využitím senzorově vybavených silnic a infrastruktury) a zábavních či navigačních služeb (využitím mobilních zařízení ve vozidle nebo v ruce cestujícího).<sup>3</sup>

Cílem konceptu propojených vozidel a propojené silniční infrastruktury je zvýšit bezpečnost a plynulost silničního provozu, snížit dopady na životní prostředí, a poskytovat nové možnosti pro informační podnikání.<sup>4</sup>



**Obrázek 1.1 – Ukázka komunikace vozidel<sup>5</sup>**

#### 1.1.1 Propojené vozidlo

Automobil propojený rádiovým prostředkem bude komunikovat se svým okolím. Tato komunikace bude pomáhat řidiči při řízení vozidla. Do vozidel jsou stále častěji zaváděny rádiové technologie, které umožňují využívat různé aplikace: pomáhají řidičům při navigaci a řízení nebo poskytují různé informace (o počasí, o nejbližší čerpací stanici, o volných parkovacích místech). V současnosti již na trhu působí několik výrobců těchto aplikací. Problém je, že se k připojení využívají nejednotné standardy (WiFi, mobilní sítě).<sup>4</sup>

#### 1.1.2 Propojená silniční infrastruktura

Spolu s vozidlem musí být propojena i silniční infrastruktura. Napojení vozidel na robustní datovou síť silniční infrastruktury zvýší především efektivitu a bezpečnost cestování. Efektivita se zvýší tím, že automobily budou moci automaticky jezdit

po zpoplatněných silnicích, a to bez překážek a dopravní zácpy, což je výhodné jak pro řidiče, tak i pro správu silnic a dálnic. Bezpečnost provozu se zvýší tím, že propojená dálnice bude moci odesílat propojeným vozidlům důležité informace o okolním prostředí (počasí, dopravní zácpy, dopravní nehody, objížďky, výluky apod.).<sup>4</sup>

Vozidla budou schopna komunikovat nejen mezi sebou, ale také s pozemní infrastrukturou. Senzory, transpondéry a čtečky RFID (Radio Frequency Identification) na silnicích, semaforech, mostech a parkovištích vytvoří integrovanou komunikační síť nepřetržitě se přesouvajících digitálních informací.<sup>6</sup>

### 1.1.3 Komunikace s vozidly a infrastrukturou

Zajištění spolehlivé komunikace s vozidly a se silniční infrastrukturou bude vyžadovat vyhrazené rádiové spojení s rychlou odezvou. Toto spojení bude umožňovat přímou komunikaci mezi vozidly a silnicí, takže není potřeba využívat mobilní sítě. Výhodou je, že pokrytí nemá žádné mrtvé zóny, což zaručuje spolehlivou komunikaci i celkovou bezpečnost.<sup>4</sup>

Propojené vozidlo i propojená silniční infrastruktura jsou složitá rádiová prostředí, proto bude nutné věnovat pozornost zajištění elektromagnetické kompatibility různých rádiových systémů využívaných ve vozidlech. K připojení vozidla na internet je možné využívat různé rádiové komunikační technologie, které mají společné to, že představují potenciální hrozbu z hlediska neoprávněného přístupu. Proto je nezbytný odpovídající způsob zabezpečení.<sup>4</sup>

## 1.2 Autonomní řízení

V novém dopravním prostředí budou existovat tři druhy automobilů. Některé budou plně automatizované, další budou mít jednoduché protikolizní a navigační systémy a poslední budou podobné dnešním automobilům. V takovém složitém prostředí budou muset být automobily i počítačové sítě sestaveny tak, aby byly adaptabilní a schopné komunikovat v reálném čase mezi sebou i s lidmi.

Někteří výrobci automobilů již začali do svých modelů zavádět různé podpůrné autonomní systémy (například automatické brzdění či parkování), ale celkovou kontrolu nad vozidlem mají stále řidiči. Tento hybridní model zůstane standardem po několik příštích let. Řidič sice může předat plnou kontrolu palubnímu počítači, ale může také převzít řízení

(například v nouzové situaci). Autonomní řízení může být využíváno při jízdě v koloně a v jiných nepříznivých provozních podmínkách. <sup>7</sup>

Asistovaná jízda je již skutečností, ale stárí většiny silničních vozidel zpozdí její kompletní realizaci. Mnohé funkce asistované jízdy, které nyní existují pouze v luxusních automobilech, budou v horizontu 10 let cenově dostupné a častější také u sériově vyráběných vozidel. <sup>6</sup>

Autonomní řízení (neboli tzv. samořiditelné automobily) je nová, rychle se rozvíjející technologie. Mezi základní funkce, které tato technologie vyžaduje jsou: navigace, situační analýza, plánování pohybu a řízení dráhy pohybu. Vyspělý systém autonomního řízení bude zahrnovat všechna senzorová data v rámci vozidla. Tato data bude nutné efektivně zpracovat, vyhodnotit a vygenerovat z nich výstupy, které budou umožňovat dynamické řízení, na které se řidič bude moci spolehnout. <sup>4</sup>

Samořiditelná auta už testují firmy jako jsou Audi, BMW, Toyota, Mercedes, ale i internetový Google. Přesto jejich uvedení do provozu je zatím otázkou minimálně roku 2025 a to proto, že zatím není jasné, kdo za případné nehody ponese odpovědnost. V bližší budoucnosti se však bude rozvíjet napojení vozů a jejich navigací na GPS (Global Positioning System) a zavádění chytrých systémů řízení dopravy včetně komunikace mezi auty navzájem. Jedním z důsledků rozvoje nových technologií by mohl být příchod nových subjektů do odvětví (především z IT sektoru jako např. Google), budou však muset vynaložit obrovské prostředky na vývoj svých vozů. <sup>1</sup>



**Obrázek 1.2 – Autonomní řízení <sup>8</sup>**

Větší realizaci samořídících vozidel v blízké budoucnosti brání technická omezení, legislativa, infrastrukturní překážky, nepředvídatelné přijetí u zákazníků a nákladný vývoj. Výroba autonomních vozidel bude tudíž vyžadovat úplnou změnu automobilového podniku.<sup>6</sup>

### 1.3 Alternativní pohony

Každý automobilový producent investuje do nových pohonů. Nejvyšší příčky zastává elektrický pohon, např. Škoda Auto ale podporuje stlačený zemní plyn. V nákladní silniční dopravě se prosazuje zkapalněný zemní plyn. Především japonské automobilky zase věří vodíku a Audi vyvinula nové ekologické palivo e-diesel složené jen z vody a vzduchu. Masové rozšíření daného pohonu bude záležet především na dostupnosti čerpacích/dobíjecích stanic, na ceně vozu a na dojezdové vzdálenosti.<sup>1</sup>

Náklady na ujetý kilometr se u elektromobilu sice pohybují od 1 do 3 centů, jejich většímu rozvoji ale zatím brání vysoká pořizovací cena, životnost baterie a nedostatečný počet dobíjecích stanic. Větší rozvoj elektromobility v evropském měřítku se tak dá očekávat až po roce 2020 v závislosti na zpřísnění emisního cíle EU, na vývoji technologií, hlavně baterií či na politické situaci jednotlivých států.<sup>1</sup>



**Obrázek 1.3 – Dobíjení elektromobilů<sup>10</sup>**

Systémy elektrického pohonu mění mobilitu, elektrifikace technologie přenosu energie prošla v posledních letech významným vývojem. Inovativní řešení pro benzínové i naftové motory a elektrifikované pohonné systémy tvoří základ pro stále účinnější vozidla s nízkými emisemi: prostřednictvím své vize „čistá síla“ demonstrují možnosti čisté mobility. Užší připojení zajišťuje ekologičtější, inteligentnější a pohodlnější mobilitu.<sup>9</sup>

## 1.4 Digitalizace výroby

Velkou příležitostí pro automobilový průmysl je čtvrtá revoluce průmyslu spočívající v jeho digitalizaci. Ta v praxi znamená propojení všech inteligentních přístrojů, výrobních linek a výrobků, skladů, logistiky i servisu do inteligentní informační sítě. Prostřednictvím této inteligentní informační sítě budou chytré přístroje zákazníků, výrobců i dodavatelů navzájem komunikovat a reagovat na potřeby klientů v reálném čase.<sup>1</sup>

Již během několika let si lidé při koupi automobilu nepůjdou do autosalonu, ale doma přes internet si sestaví z různých součástek unikátní automobil na mír. Jen s tím rozdílem, že si ho nekoupí ale pronajme na určitou dobu.<sup>1</sup>

Výrobní proces bude probíhat tak, že hned po objednání inteligentní systém automobilky zanalyzuje objednávku a vyšle požadavky k výrobcům součástek. Ti pomocí robotů automobil sestaví a hotový výrobek automaticky doručí. Výrobní linka přitom nebude ve vlastnictví továrny, ale bude zapůjčena od výrobců na určitou dobu. Výrobu zastřeší tzv. chytré továrny, ve kterých bude docházet k pokročilé robotizace a automatizace výroby, díky tomu vzroste produktivita odvětví. Role zaměstnanců bude spočívat především v kontrole a ve spolupráci s roboty.<sup>1</sup>

## 1.5 Zpřísnování ekologických a bezpečnostních standardů

Zpřísnování požadavků na vypouštění oxidu uhličitého stejně jako zpřísnování bezpečnostních standardů, požadavků na povinnou bezpečnostní výbavu, airbagy a systémy ABS budou muset mít všechny nové osobní vozy, a to vyžaduje velké investice automobilových producentů.<sup>1</sup>

Jen splnění požadavku na vypouštění oxidu uhličitého vyjde automobilky prodávající v Evropě podle odhadů na více jak 10 miliard euro. Automobilové závody proto čím dál častěji využívají nové materiály jako nanovlákná či uhlíková vlákna, které umožňují snížit hmotnost vozidel při zachování pevnostních standardů.<sup>1</sup>

Více než miliarda vozidel po celém světě je odpovědná nejen za zvýšení objemu dopravy, ale také za rostoucí počet nehod. Aby se co nejvíce snížil počet úmrtí na silnicích a množství materiálních škod, je potřeba pracovat na nových systémech, které zvyšují bezpečnost vozidel ve všech třídách.<sup>9</sup>



## 1.6 Sdílená mobilita

U nastupující generace lidí bude klesat potřeba vlastnit auto. Mnohem více ji bude zajímat, jak se dostat z bodu A do bodu B. K tomu ji dopomohou chytré telefony, aplikace, nepřetržitý přístup k internetu, a především koncepty sdílené mobility. Služba se zaměřuje především na obyvatele, kteří automobil nepoužívají každý den – naježdí ročně méně než 10 tisíc km. Ocení ji například rodiny, které občas potřebují mít k dispozici druhé auto, mladí lidé či senioři.<sup>1</sup>

Přístup k vozu bude přitom možný kdykoliv, obvykle pomocí čipové karty, aplikace pro chytrý telefon nebo SMS. Jedná se tedy o levnější a flexibilnější autopůjčovnu, uživatel smlouvu podepisuje pouze jednou a platí jen za to, co skutečně ujede. Služba sdílené mobility funguje v České republice již nyní. Význam sdílení aut poroste hlavně ve městech a vysoce urbanizovaných lokalitách. Na druhou stranu lidé ani do budoucna nepřestanou chtít vlastnit auta, především kvůli nezávislosti a pocitu svobody.<sup>1</sup>

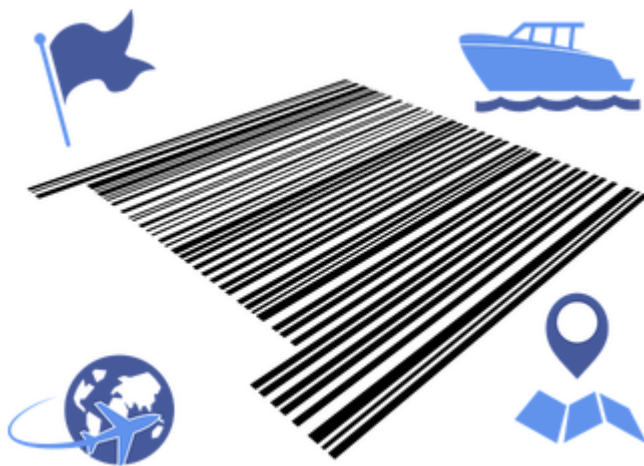
Lidé již přijali výhody a dostupnost sdílené mobility ve formě Uber a dalších. Tento trend také založil související podniky specializující se na sdílení služeb pro elektronická kola a elektronické skútry. Procento prodeje nových vozidel pro aplikace sdílené mobility se může do roku 2025 v USA a Evropě pohybovat mezi 10–15 procenty a v Asii až 35 procent. Tyto nové atraktivní společnosti již vyvolaly řadu inovativních systémů elektronického řízení a tento trend bude pravděpodobně pokračovat.<sup>11</sup>

## 2 SLEDOVÁNÍ TOKU MATERIÁLU POMOCÍ ČÁROVÝCH KÓDŮ

Sledovatelnost znamená schopnost produktu být sledován, tedy mít přiřazen jedinečný symbol, číslo, případně kód, který lze zpětně dohledat nejen v rámci výrobního procesu ve firmě, ale i u zákazníka.

Existuje velké množství základních požadavků, které by měl systém sledování v organizaci splňovat. Jedná se především o jednoduchost celého řešení, včetně samotné manipulace pro pracovníky, snadné ovládání a snahu o vyloučení možnosti chyby.

Mapování produktů lze efektivně využít i v automobilové výrobě, zvláště v případě montážních linek. Jsou-li unikátním kódem označeny součásti určené k montáži, nemůže dojít k situaci, že díl určený ke smontování na jiný výrobek, bude omylem zařazen do montáže daného výrobku. Po načtení daného kódu je možné poslat do montážní linky pouze výrobky, u kterých kódové označení je obsaženo v rámci montážních sestav či podsestav. Mezi výhody zavedeného systému sledování patří možnost vysledovat v případě poruchy špatný kus, zjistit, zda není vadný kus v celé řadě výrobku a podle zjištěných informací dále postupovat.



**Obrázek 2.1 – Ukázka čárového kódu<sup>12</sup>**

Přestože neexistuje žádný jednotný standardizovaný formát čárového kódu, existuje několik důležitých specifikací, které definují, jak je čárový kód navržen a vytvořen. Štítky s čárovým kódem se mohou lišit velikostí, kapacitou, linearitou, materiálem a tím, zda je vyžadován kontrolní součet. Velikost štítku je často dán specifikacemi skenovacího zařízení a zamýšlenou aplikací. V některých případech může být pro umístění skenovacího hardwaru nebo jiného procesního zařízení vyžadována určitá orientace štítku.<sup>12</sup>

Kapacita čárového kódu znamená počet možných kombinací znaků, je založena na hustotě čárového kódu a podporované znakové sadě. Kontrolní součet je standardizovaná část některých formátů čárových kódů, která se používá k ověření správnosti informací naskenovaných z kódu. Pokud je součet znaků správný, skener často pípne, aby ověřil, že skenování proběhlo správně. Znalost těchto podobností a rozdílů mezi formáty čárových kódů může pomoci vybrat nejlepší formáty čárových kódů pro vaše specifické potřeby.<sup>12</sup>

## 2.1 Rozdělení čárových kódů

Základní rozdělení čárových kódů:<sup>12</sup>

- 1D numerická čárové kódy,
- 1D alfanumerické čárové kódy,
- 2D čárové kódy.

Numerické čárové kódy jsou jednorozměrné čárové kódy skládající se pouze z čísel. 1D čárové kódy systematicky představují data změnou šířek a rozestupů rovnoběžných čar a mohou být označovány jako lineární nebo jednorozměrné. Patří sem některé tradiční nebo nejuznávanější typy čárových kódů, jako jsou UPC (Universal Product Code), EAN (European Article Number) a průmyslové kódy.<sup>12</sup>

Na druhé straně alfanumerické čárové kódy obsahují kombinaci čísel a abecedních znaků (písmen), rovněž se jedná o jednorozměrné čárové kódy.<sup>12</sup>

Dvourozměrné čárové kódy, často označované jako 2D čárové kódy, jsou ve tvaru čtverce nebo obdélníku a obsahují mnoho malých teček uspořádaných do jedinečného vzoru. Hlavní výhodou 2D kódů je to, že dokážou pojmout mnohem větší množství dat na malém prostoru a zůstávají čitelné i při tisku nebo leptání do produktu v malých velikostech. Používají v různých průmyslových odvětvích od výroby a logistiky po skladování a zdravotnictví. Mezi nejznámější 2D čárové kódy patří QR (Quick Response) a DMC (Data Matrix Code) kód.<sup>12</sup>

## 2.2 Čárové kódy

Čárový kód je sada čar různých šířek a velikostí představujících data, která při čtení pomáhají identifikovat skenovaný objekt. Čárové kódy se často používají k organizaci

a indexování informací nebo cen objektu. Hlavním cílem použití v průmyslu při zavedení čárových kódů je především utříděný sběr informací a jejich snadnější organizace. Ke čtení klasického čárového kódu se využívá běžných čteček kódů, které kód nejprve nasnímají, a poté na displeji zobrazí všechny důležité informace.<sup>13</sup>

Čtečka čárových kódů nebo skener, je hardwarové vstupní zařízení schopné číst čárový kód pomocí laseru. Může také vytisknout podrobnosti o produktu nebo protokolovat informace o tomto produktu do databáze. Dokonalým příkladem čtečky čárových kódů je snímač čárových kódů v supermarketu, který čte a zaznamenává cenu produktu. Dnes je také mnoho chytrých telefonů se správnými aplikacemi schopno skenovat a číst čárové kódy.<sup>13</sup>

Na celém světě existuje více než tucet typů čárových kódů, které slouží různým účelům a systémům, některé z nich jsou rozpoznatelnější než jiné.<sup>14</sup>



Obrázek 2.2 – Jednotlivé typy čárových kódů<sup>14</sup>

Nejpoužívanější čárové kódy jsou uvedeny na Obr. 2.2:<sup>14</sup>

- **Čárové kódy UPC** používají země jako USA, Kanada, Velká Británie a Austrálie. Používají u většiny hlavních maloobchodních produktů v těchto zemích. UPC-A

je standardní verze obsahující 12 čísel. Čárové kódy UPC-E jsou kondenzované verze pro menší produkty a obsahují pouze 6 čísel,

- **Čárové kódy EAN** mezinárodní čísla artiklů, které se používají ve většině Evropy, Asie, Afriky a Latinské Ameriky. Je obvyklé používat čárový kód EAN-13 složený z 13 čísel nebo EAN-8 čárový kód s 8 čísly,
- **Čárové kódy Code 39** umožňují čísla, velká písmena, mezery a další symboly, na rozdíl od UPC a EAN neexistuje žádný znakový limit pro čárové kódy Code 39, takže mohou být tak krátké nebo dlouhé, kolik je nutné k uložení požadovaných informací, používá se pro vlastní prodej,
- **Čárové kódy Code 128** využívají ve srovnání s čárovými kódy Code 39 větší výběr znaků. Používají velká a malá písmena, interpunkci, čísla a následující symboly,
- **Čárové kódy Codabar** se používají převážně v logistických operacích, jako jsou knihovny, přepravní společnosti, krevní banky a fotolaby. Tyto čárové kódy, také známé jako kód 2 ze 7, používají čísla, písmena A-D a následující,
- **Čárové kódy Postnet** mají zřetelný vizuální vzhled, který je okamžitě rozpoznatelný. Čárové kódy postnetu jsou dlouhé pruhy s čárovým kódem, které přicházejí vytištěny na poště doručené prostřednictvím poštovní služby Spojených států.

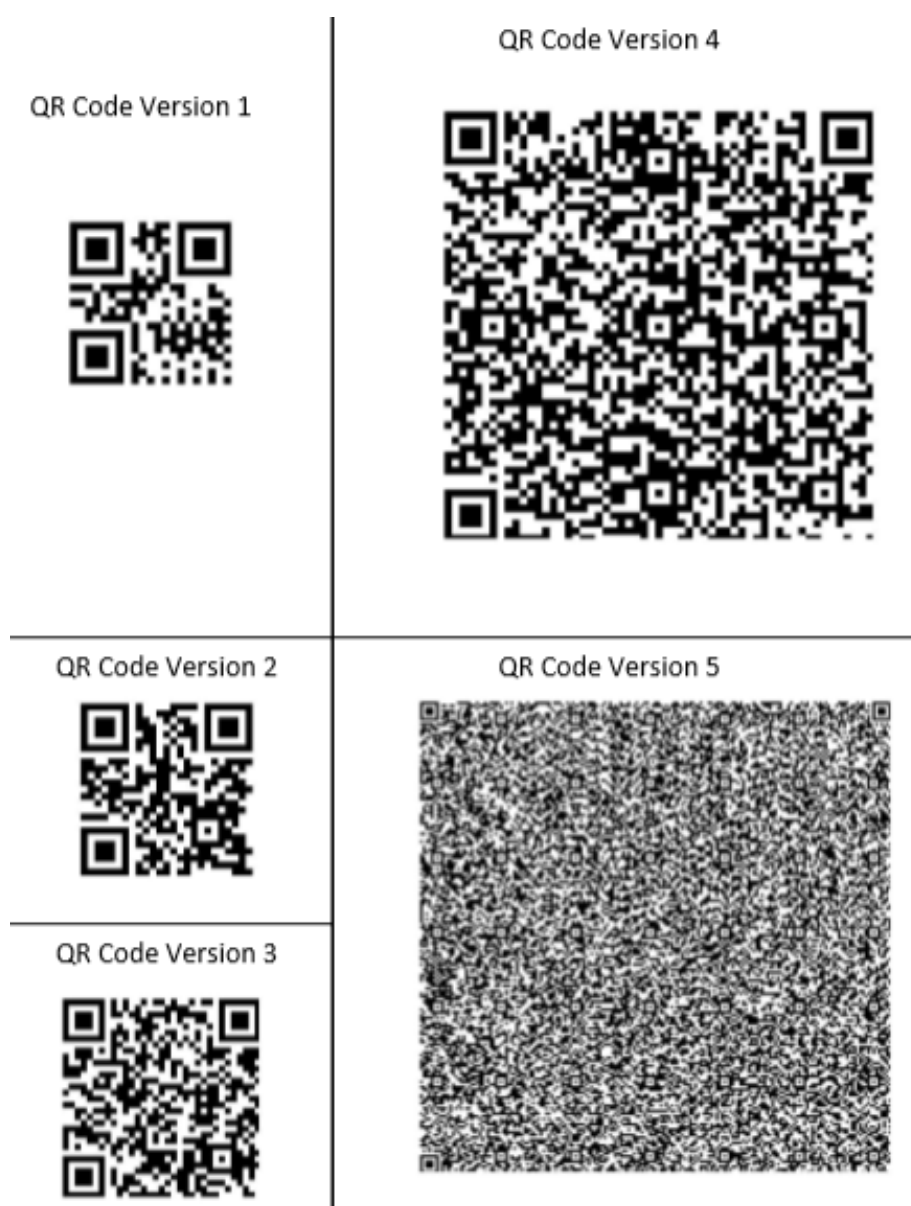
## 2.3 QR kódy

QR kód je prostředkem určeným k přenosu velkého množství dat. Kód je velmi odolný, nečitelným se stává až po odstranění či znečištění velké části kódu.

QR kódy patří mezi 2D čárové kódy (příkladem uvedeno na Obr. 2.3), jsou srovnatelné s běžnými jednorozměrnými čárovými kódy, jako jsou používány na balení produktu v obchodě s potravinami. Grafika QR však dokáže uložit mnohem více dat, může na velmi malém prostoru obsahovat přes 3000 znaků. Vysoká hustota dat ve srovnání

s jednoduchými čárovými kódy a široká dostupnost čtecího softwaru pomohly QR kódu se etablovat a vytlačily technicky srovnatelné 2D kódy z trhu.<sup>15</sup>

Nejvýznamnějším případem použití QR kódů je oblast mobilního marketingu. Protože existuje bezplatný software pro QR kódy, který čte QR kódy pro téměř každý smartphone s fotoaparát. Uživatel pouze potřebuje skenovat kód místo psaní dlouhých nepříjemných webových adres. Obraz QR je možné naskenovat a dekodovat pomocí starších kamer a modelů mobilních telefonů bez přístupu k internetu, protože čtečky kódu QR jsou zdarma dostupné pro méně obvyklé a starší platformy. Zejména vizitky QR kódu jsou perfektní, aby umožnily ostatním snadný import vašich vlastních kontaktních údajů.<sup>15</sup>



Obrázek 2.3 – Ukázka QR kódů<sup>16</sup>

## 2.4 DMC kódy

Symetrie DM kódu byla vynalezena společností International DM. DMC je datový maticový kód, který je díky malé velikosti a vysoké spolehlivosti velmi oblíbené v průmyslových odvětvích. Stejně jako QR kód, DM kóduje celou abecední a numerickou sadu znaků a datové prvky mohou být kulaté nebo čtvercové, což umožňuje zobrazovat kódy datové matice pomocí metod tečkami.<sup>16,17</sup>

DMC jsou tvořeny z malých čtvercových buněk, které jsou světlé a tmavé s rozměry matice od 10 x 10 do 144 x 144. Zakódovaná informace je určitý řetězec, který v sobě obsahuje znaky nebo čísla, či jinou charakteristiku. Matice dat je také přizpůsobitelná aplikacím s velmi nízkým kontrastem, což umožňuje označit části a podsestavy, které by jinak nebylo možné označit pomocí běžných štítků nebo značek. Čím více informací je pak v DMC zakódováno, tím větší je i počet buněk. Velikost obsažených dat může být maximálně 1556 bajtů.<sup>16,17</sup>

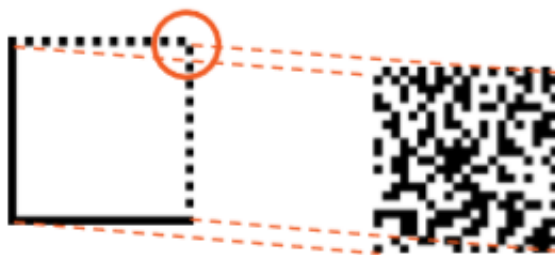
Datový maticový kód také nabízí široké úhly čtení a vysokou reálnost díky algoritmu korekce chyb, jeli kód poškozen až do 30 % je možné kód zrekonstruovat. Díky těmto jedinečným možnostem je kód DM použitelný v celé řadě situací, jako jsou zdravotnická zařízení, vojenský hardware, elektronika a kontrola dokumentů<sup>17</sup>

### 2.4.1 Struktura DMC

Obecná struktura data matrix se skládá ze dvou samostatných částí (viz. obrázek 2.4): vyhledávací vzor, který skener používá k vyhledání symbolu, a samotná kódovaná data.<sup>18</sup>

Vzor vyhledávače definuje tvar (čtverec nebo obdélník), velikost, rozměr X a počet řádků a sloupců v symbolu. Má funkci podobnou pomocným vzorům v čárovém kódu EAN/UPC a umožňuje skeneru identifikovat symbol jako DM.<sup>18</sup>

Tmavá část se nazývá „vzor L“. Používá se především k určení velikosti, orientace a zkreslení symbolu. Druhé dvě strany vzoru hledáčku jsou střídavě světlé a tmavé. Definuje základní strukturu symbolu a může také pomoci určit jeho velikost a zkreslení. Data jsou poté zakódována do matice.<sup>18</sup>

**Obrázek 2.4 – Vyhledávací vzor a data<sup>18</sup>**

Stejně jako lineární 1D čárové kódy má DM (Data Matrix) tichou zónu. Jedná se o světlou oblast kolem symbolu, která nesmí obsahovat žádný grafický prvek, který by mohl narušit čtení čárového kódu. Má konstantní šířku rovnající se symbolu na každé ze čtyř stran. Každý symbol datové matice se skládá z počtu řádků a sloupců. Kód má vždy sudý počet řádků a sloupců. Proto má v pravém horním rohu vždy světlý čtverec (zakroužkovaný na obrázku 2.4). Tento roh bude tmavý, pokud je symbol DM vytištěn negativně.<sup>18</sup>

#### 2.4.2 Technická charakteristika DMC

Při implementaci DM je třeba zvolit formu symbolu, je možné kódovat stejná data ve dvou formách DM:<sup>18</sup>

**Obrázek 2.5 – Čtvercový a obdélníkový tvar DMC<sup>18</sup>**

Čtvercový tvar (Obr. 2.5 vlevo) je nejčastěji používaným a umožňuje kódování největšího množství dat. Obdélníkový tvar (Obr. 2.5 vpravo) s omezenou výškou je však vhodnější pro některé techniky vysokorychlostního tisku a pro neobvyklé tiskové prostory. DM je schopen kódovat data s proměnnou délkou. Velikost výsledného symbolu se proto mění v závislosti na množství kódovaných dat.<sup>18</sup>

Přesné umístění symbolu DM na výrobku je určeno výrobcem, který bude musí zvážit dostupné místo na balení produktu. Například záhyby nebo švy v balení mohou ovlivnit skenování všeho druhu a měly by být brány v úvahu při výběru nejvhodnějšího umístění symbolu. To je zvláště důležité při tisku velmi malých symbolů DM. Je však třeba



poznámenat, že díky svým vnitřním vlastnostem nemá orientace symbolu žádný vliv na výkon skenování.<sup>18</sup>

#### 2.4.3 Technologie značení DMC

Technologie značení symbolů, které jsou pro tisk DM nejvhodnější:<sup>18</sup>

- **tepelný přenos,**
- **inkoustový tisk,**
- **laserové leptání,**
- **přímé značení součástí (bodové orámování, gravírování atd.).**

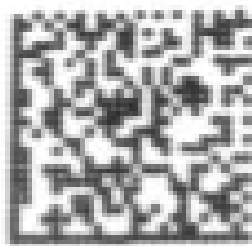
Přesná volba bude provedena především z hlediska dostupného materiálu, na který má být DMC umístěn a přesného obchodního požadavku. Zvláštní pozornost je třeba věnovat specifikaci rozměrů a schopnosti tiskového substrátu jej podporovat. Cílová velikost bude pravděpodobně důležitým hlediskem při výběru tiskového systému.<sup>18</sup>

##### **Tepelný přenos**

Tisk tepelným přenosem je jednou z nejpoužívanějších technologií pro tisk štítků s čárovými kódy na vyžádání. Tato technologie pracuje prostřednictvím přenosu tepla na pásek (páska potažená speciálně navrženým inkoustem), která pak přenáší obraz na štítek. Čárových kódů velmi dobré kvality lze dosáhnout, pokud jsou etiketovací materiál a tisková páska plně kompatibilní. Kvalita tisku bude také ovlivněna energií ohřevu, rychlostí tisku a tlakem. Kvalita tištěných symbolů musí být pravidelně kontrolována. Jednou z hlavních problémových oblastí tisku tepelným přenosem je riziko vyhoření tiskové hlavy, kde jeden z topných prvků přestane fungovat, čímž se vytvoří mezery v kódu.<sup>18</sup>

##### **Inkoustový tisk**

Tisk kódu pomocí inkoustu je proces, který nevyžaduje kontakt mezi tiskárnou a substrátem. Principem technologie je tlak malé kapky inkoustu na podklad a tímto způsobem dochází k vytvoření symbolu, (jak je příkladově uvedeno na Obr. 2.6). Tisková hlava musí být v blízkosti substrátu a je vhodné pro tisk na různá média a substráty. Inkoustový tisk obvykle tiskne okraje v nepravidelném tvaru, je to způsobeno nasáknutím podkladu a nepravidelným tvarem jednotlivých teček. Symboly dobré kvality jsou možné při tisku na vhodný podklad pomocí tiskárny s vysokým rozlišením a rychle schnoucího inkoustu. Přesnost je nutná pro zajištění kvalitních symbolů.<sup>18</sup>



**Obrázek 2.6 – Ukázka DMC inkoustovým tiskem <sup>18</sup>**

### **Laserové leptání**

Laserové leptání nebo laserové gravírování používá přesně řízené lasery k označení čárového kódu na výrobku (Obr. 2.7). Vysoká koncentrace energie laseru hoří nebo leptá, a to vyžaduje počítač, který k zaostření laseru používá řadu zrcadel a čoček. Tento proces umožňuje přímé a trvalé označení produktu, ale je vhodný pouze pro materiály, u kterých se dá laser použít. Výkon laseru musí být nastaven na základě požadovaného objemu tisku a rychlosti tisku. <sup>18</sup>



**Obrázek 2.7 – Ukázka DMC vypáleného laserem <sup>19</sup>**

### **Přímé značení**

Technologie přímého značení se používá k označení na povrch sledovaného produktu a je zvláště vhodná pro pevné materiály (kovy, plasty, dřevo atd.). Může být použita pro označení všech informací na předmětech. Malá hlava obvykle vyrobená z velmi pevného materiálu, jako je wolfram, je počítačově řízena, aby na povrchu substrátu vytvořila definovanou řadu identických značek. Hloubka značení může být pečlivě řízena, aby se zajistilo, že jsou všechny odrážky identické, což se zvláště hodí pro tisk DMC přímo

na předměty vyrobené z kovu, nebo jiného materiálu s velmi tvrdými plochými povrchy. <sup>18</sup>

Příklad nanesení DMC kódu technologií přímého značení je uveden na Obrázku 2.8.



**Obrázek 2.8 – Ukázka DMC přímým značením <sup>18</sup>**

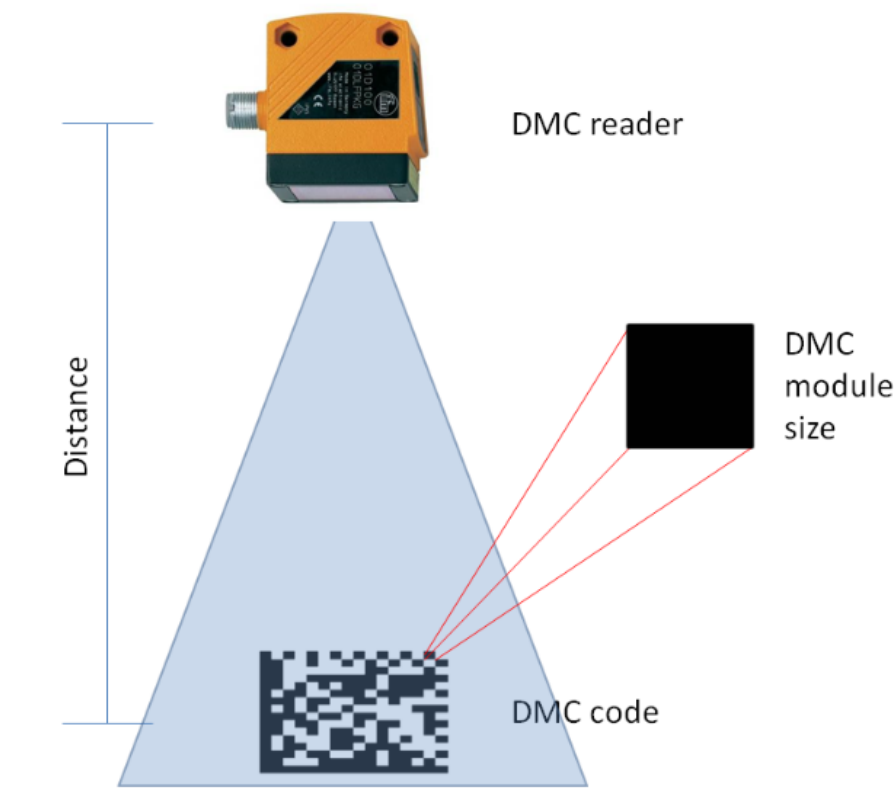
#### 2.4.4 Načítání DMC

Jakmile je symbol vytištěn, je pro snímání kódovaných dat vyžadováno čtecí nebo skenovací zařízení. Skenování se obvykle používá pro pokrytí dvou samostatných procesních kroků:

- 1. Skutečné skenování (čtení tmavých a světlých oblastí).**
- 2. Dekódování (zpracování zachyceného obrazu k určení zakódovaných dat).**

V tomto ohledu se DM velmi podobá dobře známým lineárním čárovým kódům. Od těchto lineárních symbolů se však liší tím, že vyžadují kameru nebo skenování založené na zobrazování, protože data jsou kódována ve dvou rozměrech. Po dekodování jsou data předána do informačního systému pro další zpracování. <sup>18</sup>

Stejně jako ostatní 2D čárové kódy lze i DM číst pomocí zobrazovacích kamer (viz. Obr. 2.9). Princip je založen na prvním zachycení obrazu symbolu a jeho analýze. Vzorové vyhledávače se používají k opětovnému vytvoření virtuálního obrazu matice. Obvykle jsou každá z tmavých a světlých oblastí v matici převedena na binární hodnoty 1 nebo 0. Toto je poté zpracováno podle referenčního dekodovacího algoritmu DM. <sup>18</sup>

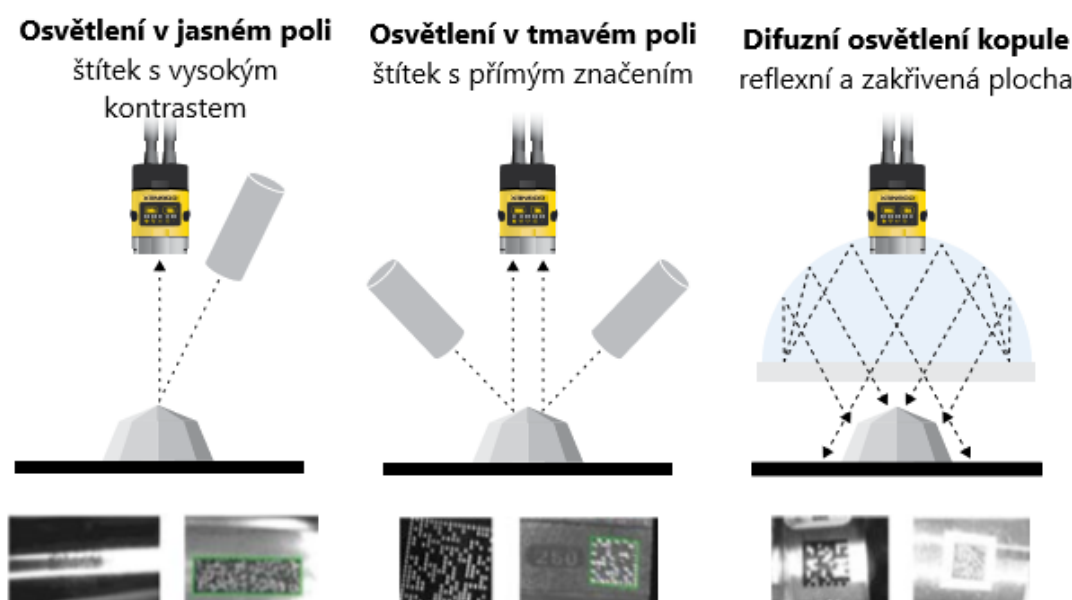


**Obrázek 2.9 – Korelace mezi velikostí DMC a vzdáleností čtečky<sup>17</sup>**

### Osvětlení při načítání

Osvětlení zastává důležitou úlohu při získávání dobrého obrazu kódu a přímo ovlivňuje kvalitu načítání kódů. Technika osvětlení zahrnuje zdroj světla a jeho umístění s ohledem na kód a čtečku. Průmyslové snímače čárových kódů nabízejí různé kombinace integrovaných a externích možností osvětlení v závislosti na prostředí a aplikaci.<sup>20</sup>

Mezi příklady typů osvětlení patří: jasné pole, tmavé pole a rozptýlené osvětlení (Obr. 2.10). Světlé pole zvýrazňuje značky, které tvoří kód, zatímco tmavé pole označuje světlo pod nízkým úhlem, které zvýrazňuje oblasti kolem kódového označení, a je nejlepší pro čtení tečkovaných a zapuštěných kódů. Difuzní kopulové světlo se nejvíce používá na reflexních a zakřivených částech, protože vytváří obraz s vysokým kontrastem. Existuje mnoho dalších možností osvětlení, včetně pokročilého vysoce výkonného integrovaného osvětlení.<sup>20</sup>

Obrázek 2.10 – Světelné technologie <sup>20</sup>

### Skenery pro načítání

Symboly DM vyžadují skenery, které umí číst ve dvou rozměrech. Obvykle to vyžaduje fotoaparát nebo zobrazovací technologii. Jedná se o odlišnou technologii od používané laserovými skenery pro čtení lineárních čárových kódů. Lineární symbol lze odečíst jediným laserovým paprskem procházejícím po délce symbolu. Pro čtení symbolu DM však vyžaduje, aby byl celý obraz čten v ose X i Y. <sup>18</sup>

Kamerové skenovací systémy mají tendenci rozlišovat až 256 stupňů šedi. Tato výhoda umožňuje některým konkrétním kamerovým skenovacím systémům lépe zpracovávat symboly velmi nízkého kontrastu, jako jsou například symboly přímo vyryté do kovu. Téměř každý skener, který je schopný číst DM umí také číst lineární čárové kódy (EAN-13, UPC-A atd.). <sup>18</sup>

Obrázek 2.11 – Ruční čtečka DMC <sup>21</sup>

Skenery mají schopnost vypořádat se s určitým počtem pixelů, čím větší počet pixelů, tím lepší bude definice obrázku. Ohnisková vzdálenost se může lišit a některé jsou lepší při čtení z dálky a jiné při čtení zblízka. Obecně řečeno, čtení velmi malých čárových kódů se nejlépe provádí skenerem s malou ohniskovou vzdáleností, čtení větších kódů s větší ohniskovou vzdáleností. Hloubka ostroty je také důležitým faktorem, výrobci často ukazují různé odečítací vzdálenosti, kterých může zařízení dosáhnout. Pokud je skener v pevné poloze, měl by být samozřejmě umístěn ve vhodné vzdálenosti od produktů, které musí číst. U ručních skenerů (Obr. 2.11) může obsluha snadno upravit vzdálenost skenování a získat sken.<sup>18</sup>

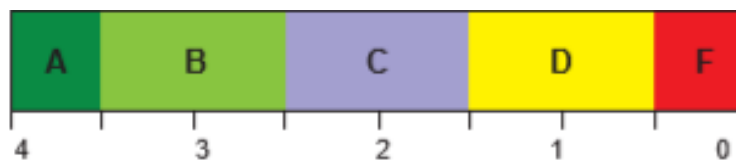
Při výběru skeneru existuje řada firem, kteří vyrábějí vhodné skenovací zařízení. Přesná volba skeneru pak závisí na mnoha faktorech včetně ceny, provozního prostředí atd.

#### 2.4.5 Kvalita DMC

Shodně s digitálními fotoaparáty závisí kvalita obrazu na několika faktorech a je velmi důležitá v každém procesu řízení kvality výroby.

Důležitou vlastností při kvalitě DMC je kontrast mezi tmavými a světlými oblastmi v čárovém kódu. Je nezbytně nutné, aby proces načítání zajistil, že skener dokáže jasně rozlišovat mezi tmavými a světlými oblastmi symbolu. Kontrast je silně ovlivněn barvou a odrazivostí použitého substrátu. Při implementaci DM je proto nutné myslet na barvy použité pro substrát i inkoust. Pro dosažení ideálního kontrastu je potřeba se zaměřit na použití černé (tmavé barvy) a bílé (světlé barvy) při tisku se obecně považuje za nejlepší kombinaci barev. Tmavé oblasti by měly používat plné tmavé barvy (černá, modrá nebo barvy, které obsahují velmi vysoký podíl černé). Světlé oblasti by měly používat jasné a reflexní barvy (bílá, žlutá nebo červená). Střední barvy nebo odstíny, které se neobjevují ani světlé ani tmavé, by se používat neměly.<sup>18</sup>

Dle normy ISO (International Organization for Standardization) / IEC (International Electrotechnical Commission) 15415 je stupeň symbolů smysluplný pouze tehdy, je-li vykazován ve spojení s použitým osvětlením a clonou. Je to číselný kód, známka 4 („A“) je nejlepší a 0 („F“) nejhorší (viz. Obr. 2.12).<sup>18</sup>



**Obrázek 2.12 – Třída symbolů dle ISO / IEC 15415<sup>18</sup>**

Kvalita by neměla být považována za jednoduchou kontrolu na konci procesu, ale měla by být začleněna do procesu vývoje s příslušnými kontrolami shody prováděnými v každé fázi. Je také důležité ověřit, zda konečný tištěný symbol splňuje požadavky příslušné aplikační normy.<sup>18</sup>

#### 2.4.6 Verifikace DMC

Ověření čárového kódu je proces třídění kvality čárových kódů. Ověřovatel čárového kódu přiřazuje kódu celkovou známku na základě měření několika parametrů kvality. Tyto parametry měří řadu faktorů, které ovlivňují schopnost čteček čárových kódů identifikovat a dekodovat kód. Ověřovatelé testují různé parametry pro kódy 1D, 2D na základě řídicí normy, například mezinárodní normy ISO.<sup>22</sup>

Aby byl proces ověřování plně kompatibilní, musí být prováděn v souladu s normou a být prováděn kvalifikovaným operátorem. Ověření by mělo být provedeno za laboratorních podmínek s použitím požadovaného světla a úhlu, jak je popsáno v ISO/IEC 15415. Je však třeba poznamenat, že některé symboly, které selhaly při ověřování, budou stále čitelné některými čtečkami čárových kódů.<sup>18</sup>

Čárové kódy ISO/IEC 15415 jsou odstupňovány podle různých parametrů. Nejnížší individuální známka se stává celkovou známkou kódu. Proces třídění začíná testem, zdali lze kód dekodovat, pokud tomu tak není, je automaticky přiřazen stupeň „F“. Po dekodování kódu se vyhodnocují následující parametry:<sup>22</sup>

- **kontrast symbolu,**
- **modulaci,**
- **rozpětí odrazivosti,**
- **pevné poškození vzoru,**
- **axiální nerovnoměrnost,**
- **nerovnoměrnost mřížky,**
- **oprava chyb.**

Na obrázcích 2.13 a 2.14 jsou uvedeny příklady ideálních kontrastů DMC vyhodnocených všemi parametry na kvalitu A.



**Obrázek 2.13 – Ideální DMC dle ISO/IEC 15415<sup>23</sup>**

97	95	98	97	97	97	98	98	98	97	98	97	98	98	100	97	98	98
95	62	92	63	95	62	95	61	95	66	95	67	96	65	93	68	96	98
95	71	72	68	95	93	96	95	95	67	91	71	96	93	72	75	69	97
95	72	72	92	93	65	95	95	68	93	71	74	92	72	73	95	96	98
95	71	91	73	71	92	95	71	92	98	93	78	73	95	96	96	69	98
95	71	92	73	92	73	75	80	75	91	77	81	95	97	73	95	97	100
95	74	93	73	93	74	91	79	83	81	84	80	95	96	81	81	75	98
95	75	93	95	93	77	95	92	77	92	79	92	83	81	84	93	93	97
95	80	81	79	92	77	92	77	93	95	83	84	83	91	86	85	81	97
93	80	91	81	81	90	95	77	93	95	81	92	92	84	83	92	93	97
95	80	93	93	83	84	93	93	77	92	86	86	87	87	89	86	83	96
93	86	85	95	93	87	85	93	93	89	91	91	90	91	87	92	97	
93	89	85	95	96	84	89	84	87	93	91	90	91	89	91	93	83	95
95	86	92	96	95	91	84	91	90	85	90	91	85	91	85	95	95	97
93	87	90	86	90	93	96	92	87	87	91	90	92	95	86	92	84	96
93	90	93	92	87	93	96	89	91	93	98	92	93	93	91	89	91	96
93	90	93	93	90	95	96	93	92	97	97	96	95	92	92	96	90	93
95	92	92	92	92	93	95	96	96	95	95	95	95	93	92	92	92	95

**Obrázek 2.14 – Ověření ideálního DMC dle ISO/IEC 15415<sup>23</sup>**



### 3 MONTÁŽNÍ LINKY

Montážní linky jsou nejčastěji používanou metodou výroby v hromadné výrobě. Umožňují montáž výrobků proškolenými pracovníky a vyhrazenými stroji nebo roboty. Hlavním cílem montážních systémů je zvýšit efektivitu linky maximalizací poměru mezi výkonem a cenou.<sup>24</sup>



**Obrázek 3.1 – Layout montážní linky<sup>23</sup>**

Návrh montážní linky zahrnuje návrh výrobků, procesů a uspořádání zařízení před samotnou stavbou linky. Montážní linky jsou výrobní systémy složené ze sekvencí, které provádějí soubor úkolů na produktu, který jimi prochází.<sup>25</sup>

Sestavení výrobků postupně začíná s jednou částí (základní část), přičemž zbývající části jsou připojeny na ostatních montážních stanicích, přes které produkt projde. Obecně platí, že u jednoduchých produktů může být v provozu montážní linka s paralelními montážními stanicemi. Pro složité výrobky se montážní systém většinou rozkládá na podsystémy s vlastními montážními časy, spolehlivostí a požadavky na stanice.<sup>25</sup>



Obrázek 3.2 – Souběžný návrh montážní linky<sup>24</sup>

### 3.1 Rozdělení montážních linek

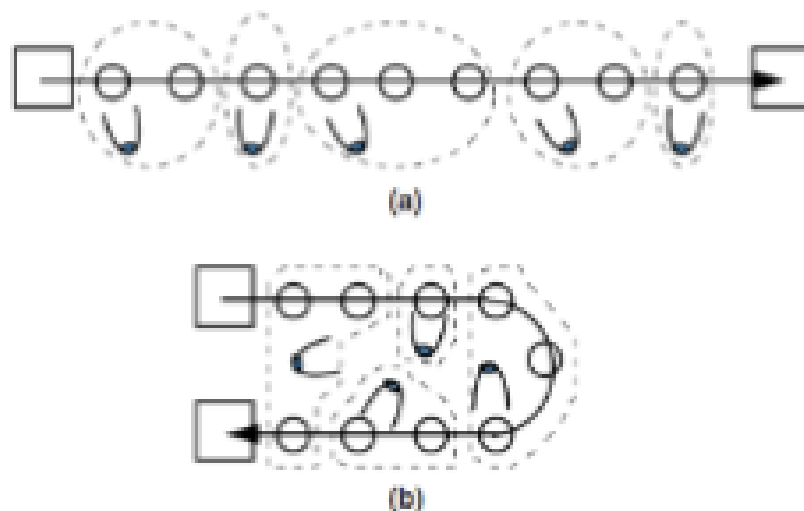
Montážní linku můžeme charakterizovat jako souhrn pracovišť rozmístěných podle technologického postupu, který je spojený mezioperační dopravou a určený k provádění stanovených operací při montáži celého výrobku nebo jeho částí. Nejčastěji jsou montážní linky děleny dle hledisek: <sup>26</sup>

- **využití mechanizace a zapojení člověka do montáže:**
  - o ruční linky,
  - o poloautomatizované linky,
  - o automatizované linky,
- **způsobu pohybu montovaného výrobku:**
  - o stacionární linky,
  - o linky s pohybujícím se výrobkem,
- **způsobu prostorového uspořádání:**
  - o jednoduché linky,
  - o rozvětvené linky,
- **montážního taktu:**
  - o linky s pevným montážním taktem,
  - o linky s volným montážním taktem,
- **počtu montovaných druhů na lince:**
  - o jednopředmětové linky,
  - o víceřadové linky.

Jedna montážní linka obecně umožňuje montáže několika typů výrobků, které se od sebe mohou více či méně lišit. Podle toho, zda je linka určena pro jediný typ výrobků nebo pro několik typů zároveň, označujeme montážní linky jako: <sup>27</sup>

- **linky s jednoduchým programem**, na nichž jsou montovány pouze výrobky jediného typu,
- **linky se smíšeným programem**, umožňující montáže několika typů výrobků bez nutnosti změny parametrů linky, přenastavení nástrojů či automatů,
- **linky s různými programy**, které vyžadují při změně typu montovaného výrobku změnu nastavení parametrů, výměnu nástrojů či přeprogramování automatů.

Základním prvkem montážní linky jsou pracovní stanice. Každá pracovní stanice zajišťuje několik operací, při nichž je montážní jednotka doplňována o další komponenty, případně jiným způsobem zpracovávána (obráběna, povrchově upravována, seřizována, nastavována). Jedna pracovní stanice obvykle působí v určitém vymezeném prostoru, zahrnujícím část dráhy transportního systému, po předem vymezený čas. Některé typy montážních linek (např. linka typu U) umožňují působení jedné pracovní stanice na dvou různých místech montážní linky (jak je uvedeno na obr. 3.3 b), čímž může být zvýšena efektivita linky. <sup>27</sup>



**Obrázek 3.3 – Typy montážních linek podle prostorového uspořádání: a) přímá, b) linka typu U. <sup>27</sup>**

Montážní operace v jednotlivých pracovních stanicích vyžadují plynulý přísun montovaných komponent. Tyto komponenty jsou soustřeďovány kolem transportního systému v průběžně doplňovaných zásobnících. V případě linek se smíšeným programem navíc tyto komponenty musejí být v zásobnících řazeny způsobem, odpovídajícím pořadí montovaných typů v transportním systému.<sup>27</sup>

Častý problém u montážních linek je jejich vyvážení, to znamená, že se montážní úkony (operace), rozmísťují na montážní lince mezi pracovní stanice tak, aby byla zachována návaznost operací a nebyl překročen maximálně povolený čas montáže (délky cyklu) na každé stanici na straně jedné a tento čas byl co nejlépe využit na straně druhé. Tyto úlohy sledují některé z následujících cílů:<sup>27</sup>

- **minimalizace počtu pracovních stanic při zachování dané délky cyklu,**
- **minimalizaci délky cyklu při daném počtu pracovních stanic,**
- **současnou minimalizaci délky cyklu a počtu stanic tak, aby byla minimální celková doba prodlevy.**

Cílem vyvážení linky je vyrovnání pracovní zátěže operátorů na každé stanici. Zkrácení doby nečinnosti obsluhy na stanicích nad taktem znamená snížení nevyužité kapacity stanice, což je očekávaný výsledek vyvážení linky, který pomáhá minimalizovat ztráty a náklady.<sup>28</sup>

## 4 OPTIMALIZACE NAČÍTÁNÍ DMC

Cílem experimentální části práce bylo vybrat a nastavit nejvhodnější kameru pro načítání DMC kódu v montážní lince na výrobu termoregulačních modulů ve společnosti Schaeffler Production CZ s. r. o.

V práci byly uvažovány tři vhodné kamery, které jsou postupně testovány na jednotlivých vzorcích DMC kódů používané ve společnosti Schaeffler.

### 4.1 Uvažované kamery

Při vytipování vhodné kamery bylo nutné hledat pouze výrobce schválené společností Schaeffler.

Na základě podmínek jsou vybrány následující kamery:

#### 1. In-Sight 8000 (současná kamera)

**Tabulka 4.1 – Vlastnosti kamery In-Sight 8000**

Cena kamery	104700 Kč
Hmotnost kamery	132 g
Rozlišení obrazu	640x480 px
Vzdálenost načítání	100-1000 mm
Rozměry kamery	31x31x75 mm



**Obrázek 4.1 – Kamera In-Sight 8000<sup>20</sup>**

## 2. DataMan 150/260

**Tabulka 4.2 – Vlastnosti kamery DataMan 150/260**

Cena kamery	44250 Kč
Hmotnost kamery	128 g
Rozlišení obrazu	960x1280 px
Vzdálenost načítání	40-1000 mm
Rozměry kamery	42x22x55 mm



**Obrázek 4.2 – Kamera DataMan 150/260<sup>20</sup>**

## 3. O2I104

**Tabulka 4.3 – Vlastnosti kamery O2I104**

Cena kamery	25450 Kč
Hmotnost kamery	447 g
Rozlišení obrazu	640x480 px
Vzdálenost načítání	75-2000 mm
Rozměry kamery	60x42x59 mm



**Obrázek 4.3 – Kamera O2I104<sup>29</sup>**

Pro porovnání kamer mezi sebou je použita analýza vícekritériálního rozhodování, při této analýze je důležité si vymezit jednotlivá kritéria významnosti, zdali mají výnosný (pozitivní) či nákladový (negativní) faktor při rozhodování o koupi správné kamery.

**Výnos / Náklad**

**Cena [kč]**

**Hmotnost [kg]**

**Rozlišení obrazu [px]**

**Vzdálenost načítání [mm]**

**Rozměr [mm]**

**Tabulka 4.4 – Přehled variant**

Varianty/Kritéria	Cena [kč]	Hmotnost [kg]	Rozlišení obrazu [px]	Vzdálenost načítání [mm]	Rozměr [mm]
In-sight 8000	104700	132	480x640	100-1000	31x31x75
Dataman 150/260	44250	128	960x1280	40-2000	42x22x55
O2I104	25450	447	480x640	75-2000	60x42x59

Pro stanovení kritéria významnosti je zvolena metoda známkování. Interval známkování byl {1-10}. Platí, že čím vyšší známka, tím je pro daného experta uvedené kritérium důležitější. Bylo vybráno osm expertů z řad technologů, kteří hodnotili jednotlivé kamery. Dále se známky od jednotlivých expertů sečtou pomocí  $B_j = \sum B_{kj}$ .

**Tabulka 4.5 – Hodnocení expertů**

Kritéria	Cena [kč]	Hmotnost [kg]	Rozlišení obrazu [px]	Vzdálenost načítání [mm]	Rozměr [mm]	$B_j = \sum B_{kj}$
Expert 1	10	2	6	7	4	29
Expert 2	7	4	8	8	5	32
Expert 3	9	1	5	5	7	27
Expert 4	8	2	7	7	3	27
Expert 5	7	2	8	6	5	28
Expert 6	4	2	10	8	8	32
Expert 7	8	2	7	6	3	26
Expert 8	8	2	6	6	6	28

Následně vytvoříme novou tabulku, kde součet známek je  $\sum B_{kj}$  a tímto součtem v celém řádku byla vydělena jednotlivá známka u daného řádku. Nakonec se provede součet hodnot ve sloupci v jednotlivých kritériích  $B_j$ . Vytvoří se tím koeficient významnosti, pomocí kterého zjistíme, která kritéria jsou důležitá. Čím větší číslo, tím více je kritérium pro hodnocení významnější.

**Tabulka 4.6 – Výsledky koeficientu významnosti**

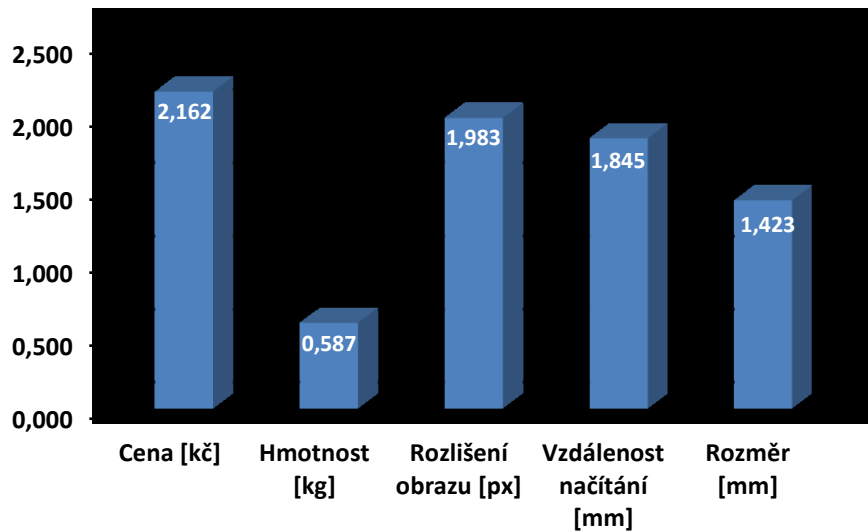
Kritéria	<b>Cena</b> [kč]	<b>Hmotnost</b> [kg]	<b>Rozlišení obrazu</b> [px]	<b>Vzdálenost načítání</b> [mm]	<b>Rozměr</b> [mm]
<b>Expert 1</b>	0,345	0,069	0,207	0,241	0,138
<b>Expert 2</b>	0,219	0,125	0,25	0,25	0,156
<b>Expert 3</b>	0,333	0,037	0,185	0,185	0,259
<b>Expert 4</b>	0,296	0,074	0,259	0,259	0,111
<b>Expert 5</b>	0,250	0,071	0,286	0,214	0,179
<b>Expert 6</b>	0,125	0,063	0,313	0,25	0,250
<b>Expert 7</b>	0,308	0,077	0,269	0,231	0,115
<b>Expert 8</b>	0,286	0,071	0,214	0,214	0,214
<b><math>B_j</math></b>	<b>2,162</b>	<b>0,587</b>	<b>1,983</b>	<b>1,845</b>	<b>1,423</b>
<b><math>B_{jN}</math></b>	<b>0,270</b>	<b>0,073</b>	<b>0,248</b>	<b>0,231</b>	<b>0,178</b>

Příklad výpočtu cena:

$$B_j = \frac{10}{29} + \frac{7}{32} + \frac{9}{27} + \frac{8}{27} + \frac{7}{28} + \frac{4}{32} + \frac{8}{26} + \frac{8}{28} = \mathbf{2,162}$$

Na Obr. 4.4 je uvedeno grafické zobrazení velikosti koeficientu významnosti jednotlivých kritérií dle známkování dotázaných expertů. Přes odbornost dotázaných expertů bylo stanoveno, že rozhodujícím kritériem je dle jejich mínění cena. Až na druhém, resp. třetím místě bylo pro experty rozlišení a vzdálenost načítání obrazu DMC kódu, které jsou z pohledu funkčnosti podstatné.





**Obrázek 4.4 – Koeficient významnosti  $B_j$  pro jednotlivé kritéria**

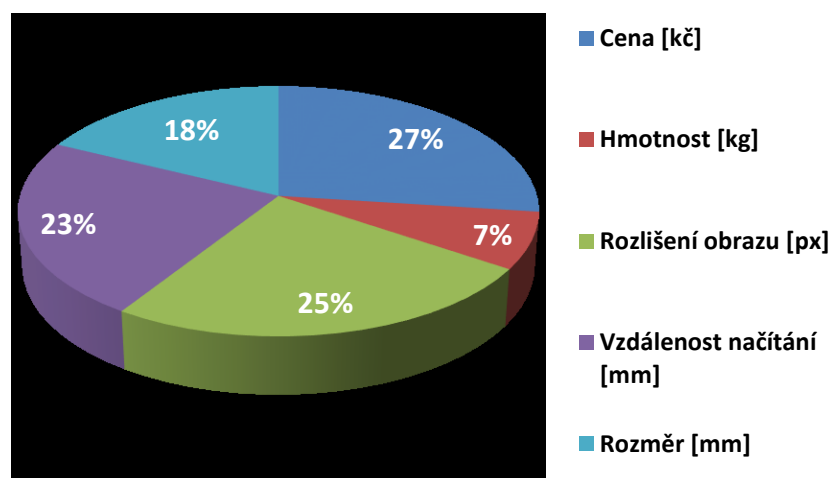
Pro vzájemnou srovnatelnost koeficientů významnosti lze zavést tzv. normovaný koeficient významnosti ( $B_{jN}$ ), kterého lze vypočítat dle:

$$B_{jN} = \frac{B_j}{\sum_{i=1}^m B_j}$$

Příklad výpočtu cena:

$$B_{jN} = \frac{2,162}{2,162 \cdot 0,587 \cdot 1,983 \cdot 1,845 \cdot 1,423} = 0,270$$

Pro kontrolu musí vyjít součet jednotlivých  $B_{jN}$  1,0. Grafické vyjádření  $B_{jN}$  je uvedeno na Obr. 4.5.



**Obrázek 4.5 – Vyjádření normovaného koeficientu významnosti  $B_{jN}$**

Po získání koeficientu významnosti jsem zvolil řešení problému pomocí bazické metody. U této metody nejprve vypočítáme průměrné hodnoty pro každé kritérium  $h_{pj}$  (u rozměrů s větším rozptylem byla zvolena průměrná hodnota). Následně pro každou buňku vypočítáme  $z_{ij}$  tím, že podělíme průměrnou hodnotu číslem v buňce a následně vynásobíme významovou hodnotou dle expertů, pokud se jedná o náklad. V případě výnosu vydělíme číslo v buňce průměrnou hodnotou a následně vynásobíme významovou hodnotou.

Po všech výpočtech se tyto hodnoty sečtou v řádku a tento výpočet nám dá  $S_j$ , což je relativní účinnost. Nakonec se podle relativní účinnosti vytvoří konečné pořadí  $V_j$ . Hodnota, která má největší relativní účinnost je pro nás na prvním místě, tudíž kamera na prvním místě je pro nás nejvhodnější na základě vícekritériálního rozhodování.

**Tabulka 4.7 – Výsledky vícekritériálního rozhodování**

Kritéria/ Varianty	Cena [kč]	Hmotnost [g]	Rozlišení obrazu [px]	Vzdálenost načítání [mm]	Rozměr [mm]	$S_j$	$V_j$
In-sight 8000 $z_{ij}$	104700 1,200	132 1,049	480x640 1,487	100-1000 1,167	31x31x75 1,444	6,347	3
Dataman 150/260 $z_{ij}$	44250 2,839	128 1,081	960x1280 2,973	40-2000 2,164	42x22x55 1,662	10,720	1
O2I104 $z_{ij}$	25450 4,938	447 0,310	480x640 1,487	75-2000 2,202	60x42x59 1,229	10,165	2
$h_{pj}$	58133	236	747	869	46,3		

Příklad výpočtu: Průměrná hodnota ceny

$$h_{pj} = \frac{104\,700 + 44\,250 + 25\,450}{3} = 58\,133 \text{ Kč}$$

Příklad výpočtu: Pro kritérium cena (náklad)

$$z_{ij} = \frac{h_{bj}}{h_{ij}} * B_j = \frac{58\,133}{104\,700} * 2,143 = 1,19$$

Příklad výpočtu: Pro kritérium rozlišení obrazu (výnos)

$$z_{ij} = \frac{h_{ij}}{h_{bj}} * B_j = \frac{560}{747} * 1,983 = 1,487$$

Dle rozhodování pomocí bazické metody nám jako nejvhodnější vyšla kamera Dataman 150/260, naopak nejméně vhodná je pak kamera In-sight 8000.

#### 4.2 Zkoušené vzorky DMC

Celkově bylo testováno 25 různých vzorků s tím, že pouze 5 z nich bylo originálních a ostatní jsou určitým způsobem znehodnocené. Originální vzorky můžete vidět na obrázcích: 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, a také v příloze 1,2,3,4,5, kde jsou záznamy z ověření vzorků na verifikátoru DMC.

Jednotlivé vzorky jsou označeny 1A, 2A, 3A, 4A, 5A:



Obrázek 4.6 – Vzorek 1A



Obrázek 4.7 – Vzorek 2A



**Obrázek 4.8 – Vzorek 3A**



**Obrázek 4.9 – Vzorek 4A**



**Obrázek 4.10 – Vzorek 5A**

Každý vzorek má další 4 varianty znehodnocení (poškození), ty jsou pak označeny písmenky následovně:

- A - originální bez poškození,
- B - polovina kódu znehodnocená kapalinou,



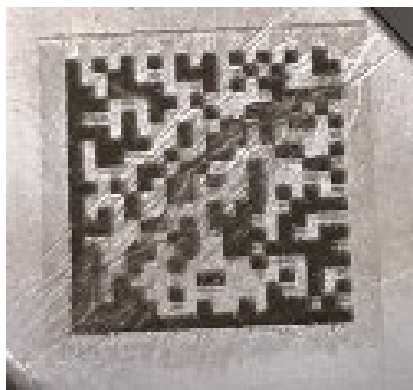
**Obrázek 4.11 – Vzorek 1B**

- C - celý kód znehodnocený kapalinou



**Obrázek 4.12 – Vzorek 1C**

- D - poškrábaný kód



**Obrázek 4.13 – Vzorek 1D**

- E - obroušený kód



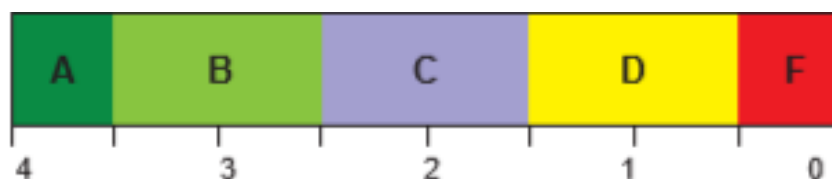
**Obrázek 4.14 – Vzorek 1E**

### 4.3 Načítání vzorků DMC

Testováno bylo postupně všech 25 vzorků na každé ze tří vypůjčených kamer. Testování proběhla za stálých světelných podmínek, při stejné vzdálenosti kamery od vzorku DMC, a také pod stejným (kolmým) úhlem kamery na vzorek. Při nastavení všech kamer bylo dbáno na optimální zaostření obrazu a vhodného přisvícení, které je součástí každé kamery pro čtení DMC.

Nejdůležitějším faktorem při vyhodnocování byla schopnost kamery daný kód spolehlivě přečíst dle normy ISO/IEC 15415, tudíž výsledek načítání nesměl být („F“). Pokud kamera kód přečetla, tak se dále posuzovala kvalita DMC, která může být (A, B, C, D).

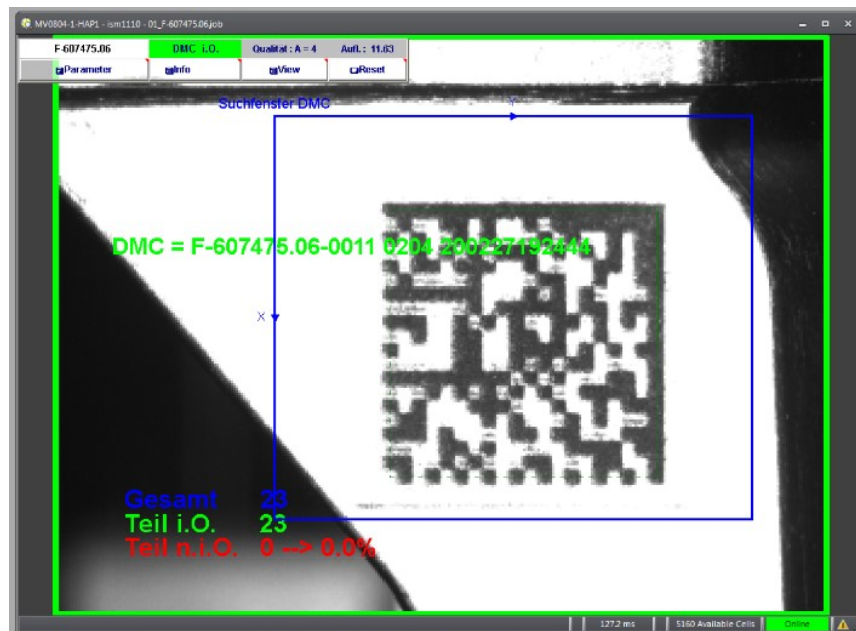
Pro lepší orientaci u kvality DMC přidávám (Obr. 4.15) třídy symbolů dle normy:



**Obrázek 4.15 – Třída symbolů dle ISO / IEC 15415<sup>18</sup>**

#### 4.3.1 Kamera In-Sight 8000

Tato kamera je současně v montážních linkách společnosti Schaeffler. Bohužel nedosahuje potřebných kvalit a stává se, že není schopna spolehlivě identifikovat daný DMC kód, pokud je drobně poškozen nebo znehodnocen. Zaostření a přisvícení na DMC probíhá manuálně. Kamera dosáhla nejhoršího výsledku dle vícekriteriálního rozhodování.



Obrázek 4.16 – Rozhraní kamery In-sight 8000



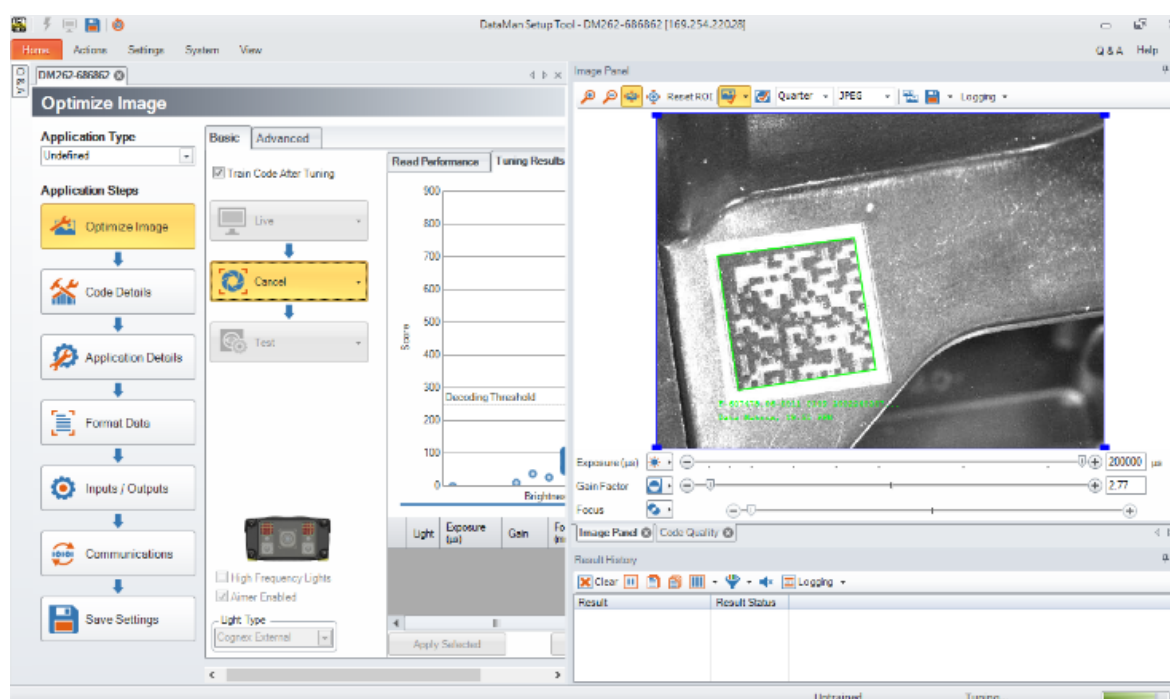
Obrázek 4.17 – Testování kamery In-sight 8000

**Tabulka 4.8 – Výsledky načítání kvality DMC kamery In-sight 8000**

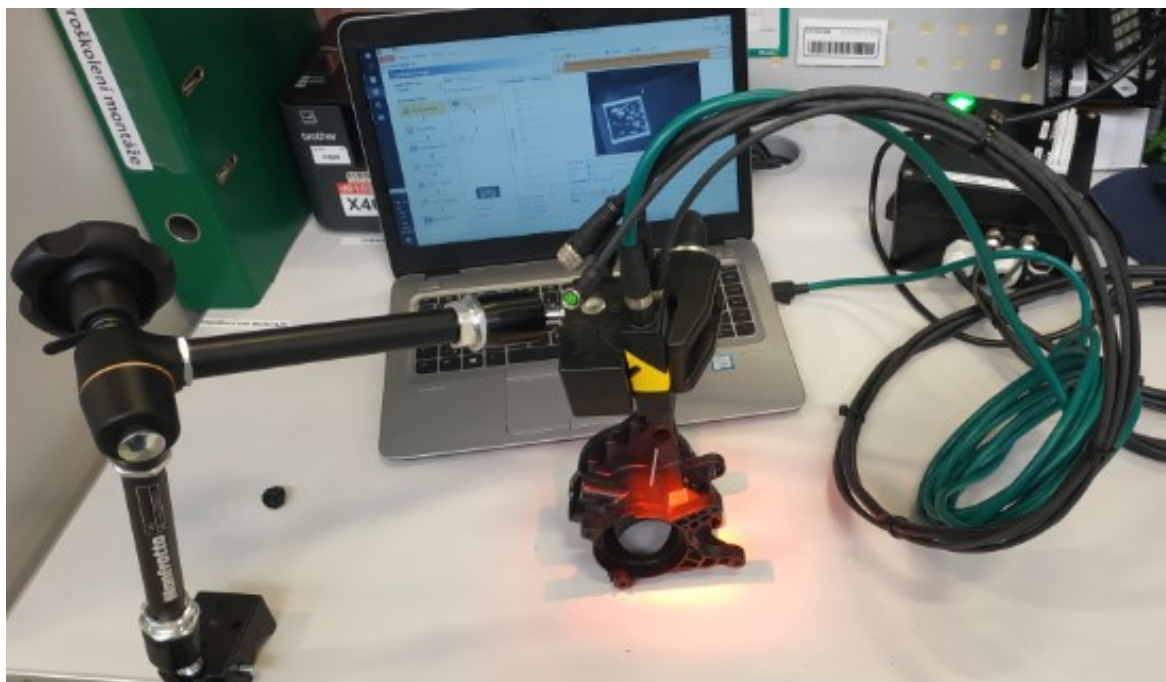
Vzorek	Výsledek	Vzorek	Výsledek	Vzorek	Výsledek
1A	<b>A</b>	3A	<b>B</b>	5A	<b>B</b>
1B	<b>D</b>	3B	<b>F</b>	5B	<b>F</b>
1C	<b>F</b>	3C	<b>D</b>	5C	<b>F</b>
1D	<b>C</b>	3D	<b>B</b>	5D	<b>C</b>
1E	<b>D</b>	3E	<b>F</b>	5E	<b>F</b>
2A	<b>C</b>	4A	<b>A</b>		
2B	<b>F</b>	4B	<b>B</b>		
2C	<b>D</b>	4C	<b>C</b>		
2D	<b>D</b>	4D	<b>C</b>		
2E	<b>F</b>	4E	<b>F</b>		

#### 4.3.2 Kamera Dataman 150/260

Kamera řady Dataman byla prozatím pouze vypůjčena na zkoušku. Zaostření a přisvícení probíhá plně automaticky, kamera se sama zaměří na určité místo, kde je kód a je schopná si nastavení uložit a opakovat pro sériové podmínky. Kamera byla vyhodnocená jako nejlepší v rámci vícekritériálního rozhodování.

**Obrázek 4.18 – Rozhraní kamery Dataman 150/260**





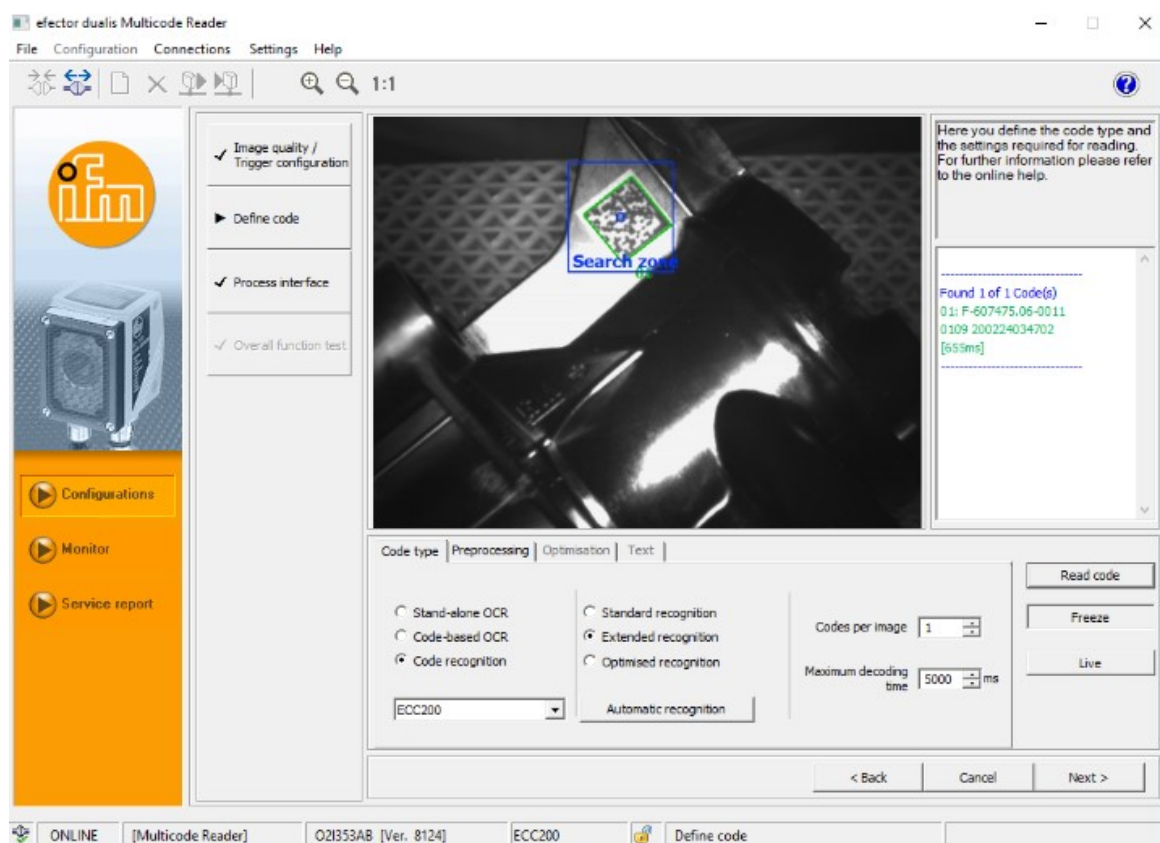
Obrázek 4.19 – Testování kamery Dataman 150/260

Tabulka 4.9 – Výsledky načítání kvality DMC kamery Dataman 150/260

Vzorek	Výsledek	Vzorek	Výsledek	Vzorek	Výsledek
1A	A	3A	A	5A	A
1B	C	3B	C	5B	C
1C	B	3C	B	5C	D
1D	B	3D	C	5D	A
1E	B	3E	B	5E	B
2A	A	4A	A		
2B	B	4B	D		
2C	D	4C	C		
2D	B	4D	B		
2E	A	4E	B		

#### 4.3.3 Kamera O2I104

Tato kamera byla rovněž pouze zapůjčená od společnosti IFM. Nejlevnější varianta, kde zaostření probíhá pouze manuálně. Velice příjemné rozhraní a jednoduché nastavení kamery. Není vhodná pro měnící se světelné podmínky. Ve vícekritériálním rozhodování skončila na druhém místě.



Obrázek 4.20 – Rozhraní kamery O2I104



Obrázek 4.21 – Testování kamery O2I104

Tabulka 4.10 – Výsledky načítání kvality DMC kamery O2I104

Vzorek	Výsledek	Vzorek	Výsledek	Vzorek	Výsledek
1A	A	3A	A	5A	A
1B	C	3B	D	5B	F
1C	D	3C	D	5C	F
1D	B	3D	C	5D	B
1E	B	3E	C	5E	C
2A	A	4A	A		
2B	D	4B	F		
2C	D	4C	F		
2D	B	4D	B		
2E	C	4E	B		

## 5 VYHODNOCENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ

Současným trendem montážních linek je neustálé snižování taktu linky, případně jednotlivého stroje nebo úseku linky, ale také snižování zmetkovitosti, což bylo hlavním cílem zkoumání experimentální části této diplomové práce. Pokud víme, že kamerou vyhodnocené DMC jako „F“, by bylo montážní linkou vyhodnoceno jako nečitelné, tím pádem je to pro nás neshodný díl a tomu je potřeba předcházet.

Vzhledem k dnešní době, kdy je neustále kladen větší důraz na nulovou chybu, je zcela nepřípustné mít v montážní lince nástroj, který by svoji funkčnost nesplňoval na 100 % a generoval zmetkové kusy, když se tomu dá zamezit. Z tohoto důvodu bylo vytvořeno 25 vzorků DMC, které byly testovány pomocí předem určených kamer.

Na základě výsledků kvality DMC dle jednotlivých kamer byla vytvořena tabulka 5.1.

**Tabulka 5.1 – Výsledky kvality DMC jednotlivých kamer**

Vzorek	In-sight 8000	Dataman 150/260	O2I104
1A	A	A	A
1B	D	C	C
1C	F	B	D
1D	C	B	B
1E	D	B	B
2A	C	A	A
2B	F	B	D
2C	D	D	D
2D	D	B	B
2E	F	A	C
3A	B	A	A
3B	F	C	D
3C	D	B	D
3D	B	C	C
3E	F	B	C
4A	A	A	A
4B	B	D	F
4C	C	C	F
4D	C	B	B
4E	F	B	B
5A	B	A	A
5B	F	C	F
5C	F	D	F
5D	C	A	B
5E	F	B	C

Pro celkové vyhodnocení jsou sečteny symboly výsledků načítání ve sloupci pod kamerami. Největší váhu při vyhodnocení má pro nás počet vyhodnocení symbolem „F“, což znamená nečitelný kód, který by nám na montážní lince vypadnul jako neshodný díl.

Na základě výsledků v Tabulce 5.2 bylo určeno pořadí.

**Tabulka 5.2 – Souhrn výsledků**

Výsledek	In-sight 8000	Dataman 150/260	O2I104
A	2	7	5
B	4	10	6
C	5	5	5
D	5	3	5
F	9	0	4
<b>Pořadí</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

Jako nejlepší dle testování se ukázala kamera Dataman 150/260, která dokázala přečíst všech 25 vzorků DMC a současně u většiny kódů vyhodnotila kvalitu „A“ nebo „B“. Naopak až na třetím místě byla vyhodnocena kamera In-sight 8000, která si vůbec nedokázala poradit z devíti vzorky DMC, což je pro podmínky sériové výroby nepřijatelná zmetkovost.

Celkově se výsledky vícekriteriálního rozhodování shodují s výsledky testování kamer na vzorcích a v nejbližší době bude kamera Dataman 150/260 postupně implementována na stanicích, kde jsou největší výpadky na načítání DMC kódů.

## ZÁVĚR

Jak bylo v předcházejících kapitolách uvedeno, automobilový průmysl je v dnešní době jedno z nejdůležitějších odvětví celosvětového hospodářství. V České republice je tento průmysl největším odvětvím a zaměstnává téměř 40% obyvatelstva.

Sledovatelnost produktů je v dnešním světě velmi důležitá, každý výrobek může mít přiřazen jedinečný symbol, číslo, případně kód, který lze zpětně dohledat nejen v rámci výrobního procesu ve firmě, ale i u zákazníka. Sledovatelnost produktů probíhá nejčastěji přes čárové kódy, ty slouží jako prostředek pro automatizovaný sběr dat. Kódy mají své definované šířky a umožňují přečtení pomocí technických prostředků, jako jsou čtečky. Čárové kódy lze rozdělit na jednorozměrné (UPC, AEN) nebo dvourozměrné (QR, DMC).

V diplomové práci byla řešena problematika načítání DMC kódů a jeho optimalizace v montážní lince na výrobu termoregulačních modulů, který zajišťuje teplotní řízení chodu motoru. Cílem práce bylo vyhodnotit aktuální stav s kamerou In-sight 8000, identifikovat nedostatky a na základě zjištěných informací vytipovat vhodnější kamery na čtení DMC. Dále zpracovat a vyhodnotit vícekritériální rozhodování, a také vyzkoušet jednotlivé kamery na vzorcích DMC s poškozeným nebo znehodnoceným povrchem. V poslední řadě bylo potřeba vyhodnotit, která kamera si dokázala nejlépe poradit se vzorky a bude tak optimální při výrobě za sériových podmínek.

Teoretická část práce se věnovala sledovatelnosti toku materiálu pomocí čárových kódů, zmiňuje zde jednotlivé typy čárových kódů a jejich využitelnosti v průmyslovém odvětví, ale i v běžném životě. Speciálně je pak zaměřeno na DMC kódy. V jednotlivých kapitolách byla popsána jejich struktura, načítání, technická charakteristika, kvalita ale i to, jak se dají kódy ověřit pomocí verifikátorů.

V experimentální části bylo prokázáno, že současná kamera pro načítání DMC kódů není optimální a na trhu jsou jednoznačně lepší a spolehlivější varianty. Závěrem bych chtěl konstatovat, že výměnou původní kamery za Dataman 150/260 dosáhneme výrazně lepších výsledků a rovněž dojde k eliminaci neshodných dílů na načítání DMC kódů.

## **Poděkování**

Tímto děkuji vedoucímu práce panu Ing. Ondřeji Hilšerovi, za cenné připomínky a rady při tvorbě diplomové práce.

Dále bych zde rád poděkoval firmě Schaeffler Production CZ s. r. o., za umožnění vypracování diplomové práce, především kolegům z řad technologů, za jejich ochotu, trpělivost a vstřícný přístup při společných konzultacích.

## Seznam použité literatury

- [1] Kozelský T. a Novák R. Automobilový průmysl: Trendy budoucnosti [online], [cit. 2020-20-01]. Dostupné z:  
[https://www.csas.cz/static\\_internet/cs/Evropska\\_unie/Specialni\\_analyzy/Specialni\\_analyzy/Prilohy/sr\\_2015\\_09\\_automobilovy\\_prumysl\\_trendy\\_budoucnosti.pdf](https://www.csas.cz/static_internet/cs/Evropska_unie/Specialni_analyzy/Specialni_analyzy/Prilohy/sr_2015_09_automobilovy_prumysl_trendy_budoucnosti.pdf)
- [2] Lexikon: Automobilový průmysl [online], [cit. 2020-20-01]. Dostupné z:  
<https://www.oneindustry.one/lexikon/automobilovy-prumysl/>
- [3] Hrstka J. Jak big data transformovat na smart data. *Sdělovací technika*, 2016, č. 5, s. 14-16. ISSN 0036-9942.
- [4] Hrstka J. Vize připojené silniční infrastruktury a připojených aut. *Sdělovací technika*, 2016, č. 3, s. 13-15. ISSN 0036-9942.
- [5] Goverment technology: Future structure [online], [cit. 2020-28-01]. Dostupné z:  
<https://www.govtech.com/fs/transportation/Vehicle-to-Everything-Communication-Demo-Shows-Promise-for-AV-Future.html>
- [6] World Economic Forum: Digital Transformation of Industries – Automotive Industry structure [online], [cit. 2020-28-01]. Dostupné z:  
[https://www.accenture.com/t20170411T120057Z\\_w\\_usen/\\_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/WEF/PDF/Accenture-Automotive-Industry.pdf](https://www.accenture.com/t20170411T120057Z_w_usen/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/WEF/PDF/Accenture-Automotive-Industry.pdf)
- [7] Patterson A. Připojená auta se rychle stávají součástí internetu věcí. *Sdělovací technika*, 2016, č. 11, s. 15-18. ISSN 0036-9942.
- [8] Euroweb: Plně automatické řízení letadel [online], [cit. 2020-11-02]. Dostupné z:  
<https://www.aeroweb.cz/clanky/4535-plne-automaticke-řízení-letadel-je-mozna-bliz-nez-si-myslime>
- [9] Continental: Active and passive vehicle safety [online], [cit. 2020-22-02]. Dostupné z:  
<https://www.continental.com/en/products-and-innovation/innovation/electric-mobility/electric-mobility-10576>
- [10] Obnovitelné: Dobíjecí stanice elektromobilů [online], [cit. 2020-22-02]. Dostupné z:  
<https://www.obnovitelne.cz/cz/clanek/942/zkusenosti-z-izraele-pomohou-k-chytre-elektromobilite-v-cesku/>
- [11] Mes-insights: Automotive Electronics [online], [cit. 2020-27-02]. Dostupné z:  
[https://www.mes-insights.com/the-biggest-trends-and-challenges-in-the-automotive-electronics-industry-in-2020-a-893727/?cmp=go-aw-art-trf-MES\\_DSA-20200217&gclid=Cj0KCQiA1-3yBRCmARIsAN7B4H2lwSvcdD4fjxPAC9eb6nclh5CqbH\\_s-8B3nzkPve51Jpok\\_OkGiAUaAokdEALw\\_wcB](https://www.mes-insights.com/the-biggest-trends-and-challenges-in-the-automotive-electronics-industry-in-2020-a-893727/?cmp=go-aw-art-trf-MES_DSA-20200217&gclid=Cj0KCQiA1-3yBRCmARIsAN7B4H2lwSvcdD4fjxPAC9eb6nclh5CqbH_s-8B3nzkPve51Jpok_OkGiAUaAokdEALw_wcB)
- [12] Camcode: Guide to Barcode Types and Standards, [online], [cit. 2020-08-03]. Dostupné z:  
<https://www.camcode.com/asset-tags/guide-to-barcode-types-standards/>
- [13] Computerhope: Barcode, [online], [cit. 2020-10-03]. Dostupné z:  
<https://www.computerhope.com/jargon/b/barcode.htm>



- [14] Onlinelabels: Introduction to barcodes, [online], [cit. 2020-10-03]. Dostupné z: <https://www.onlinelabels.com/articles/introduction-to-barcodes.htm>
- [15] GO QR: QR code generator, [online], [cit. 2020-14-03]. Dostupné z: <http://goqr.me/>
- [16] Barcode-test: 2D Codes Step By Step [online], [cit. 2020-16-03]. Dostupné z: <https://barcode-test.com/wp-content/uploads/2012/06/FINAL-VERSION-1-Compiled-Manual-August-2014.pdf>
- [17] Datamatrixcode, [online], [cit. 2020-18-03]. Dostupné z: [www.datamatrixcode.net/](http://www.datamatrixcode.net/)
- [18] GS1 DataMatrix Guideline: Overview and technical introduction to the use of GS1 DataMatrix [online], [cit. 2020-18-03].  
Dostupné z: [https://www.gs1.org/docs/barcodes/GS1\\_DataMatrix\\_Guideline.pdf](https://www.gs1.org/docs/barcodes/GS1_DataMatrix_Guideline.pdf)
- [19] ERTL: Cast parts DMC laser marking, [online], [cit. 2020-25-03]. Dostupné z: <https://www.ertl-gmbh.de/en/product-service-spectrum/cast-parts-dmc-laser-marking/>
- [20] Cognex: Introduction to industrial barcode reading, [online], [cit. 2020-27-03]. Dostupné z: <https://www.cognex.com/resources/white-papers-articles/whitepaperandarticlemain?event=27a2bd72-0eb2-4208-bb5f-e128ba3afc27>
- [21] Cognex: A guide to decoding barcodes, [online], [cit. 2020-29-03]. Dostupné z: <https://www.cognex.com/resources/white-papers-articles/whitepaperandarticlemain?event=47161c91-b2a0-499d-83df-fa7dd275def3>
- [22] Cognex: Introduction to barcode verification, [online], [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: <https://www.cognex.com/resources/on-demand-webinars/ondemandwebinarmain?event=740e0006-3864-48b4-b28e-b74c5375f488>
- [23] *Schaeffler Production CZ s.r.o.*, firemní dokumentace, 2020.
- [24] REKIEK, Brahim a Alain DELCHAMBRE. Assembly line design: the balancing of mixed-model hybrid assembly lines with genetic algorithms. London: Springer, 2006. ISBN 18-462-8112-1.
- [25] DELCHAMBRE, A. CAD method for industrial assembly: concurrent design of products, equipment, and control systems. 1. New York: Wiley, 1996. ISBN 0471962619.
- [26] Petrů J. a Čep R. Základy montáže 2012, ISBN 978-80-248-2773-5.
- [27] DOHNAL, Gejza. Modelování montážní linky [online]. [cit. 2020-18-04]. Dostupné z: <https://adoc.tips/modelovani-montani-linky.html>
- [28] Scholl, A. 1999, Balancing and Sequencing of Assembly Lines. 2nd Edition, PhysicaVerlag, Heidelberg, ISBN 3-7908-1180-7
- [29] IFM: Products, [online], [cit. 2020-22-04]. Dostupné z: <https://www.ifm.com/cz/cs/product/O2I104>

## Seznam obrázků

Obrázek 1.1 – Ukázka komunikace vozidel <sup>6</sup> .....	12
Obrázek 1.2 – Autonomní řízení <sup>8</sup> .....	14
Obrázek 1.3 – Dobíjení elektromobilů <sup>10</sup> .....	15
Obrázek 2.1 – Ukázka čárového kódu <sup>12</sup> .....	18
Obrázek 2.2 – Jednotlivé typy čárových kódů <sup>14</sup> .....	20
Obrázek 2.3 – Ukázka QR kódů <sup>16</sup> .....	22
Obrázek 2.4 – Vyhledávací vzor a data <sup>18</sup> .....	24
Obrázek 2.5 – Čtvercový a obdélníkový tvar DMC <sup>18</sup> .....	24
Obrázek 2.6 – Ukázka DMC inkoustovým tiskem <sup>18</sup> .....	26
Obrázek 2.7 – Ukázka DMC vypáleného laserem <sup>19</sup> .....	26
Obrázek 2.8 – Ukázka DMC přímým značením <sup>18</sup> .....	27
Obrázek 2.9 – Korelace mezi velikostí DMC a vzdálenosti čtečky <sup>17</sup> .....	27
Obrázek 2.10 – Světelné technologie <sup>20</sup> .....	28
Obrázek 2.11 – Ruční čtečka DMC <sup>21</sup> .....	29
Obrázek 2.12 – Třída symbolů dle ISO/IEC 15415 <sup>18</sup> .....	31
Obrázek 2.13 – Ideální DMC dle ISO/IEC 15415 <sup>23</sup> .....	32
Obrázek 2.14 – Ověření ideálního DMC dle ISO/IEC 15415 <sup>23</sup> .....	32
Obrázek 3.1 – Layout montážní linky <sup>23</sup> .....	33
Obrázek 3.2 – Souběžný návrh montážní linky <sup>24</sup> .....	34
Obrázek 3.3 – Typy montážních linek podle prostorového uspořádání: a) přímá, b) linka typu U. <sup>27</sup> .....	35
Obrázek 4.1 – Kamera In-Sight 8000 <sup>20</sup> .....	37
Obrázek 4.2 – Kamera DataMan 150/260 <sup>20</sup> .....	38
Obrázek 4.3 – Kamera 02I104 <sup>29</sup> .....	38
Obrázek 4.4 – Koeficient významnosti $B_j$ pro jednotlivé kritéria .....	41
Obrázek 4.5 – Vyjádření normovaného koeficientu významnosti $B_{jN}$ .....	41
Obrázek 4.6 – Vzorek 1A .....	43
Obrázek 4.7 – Vzorek 2A .....	43
Obrázek 4.8 – Vzorek 3A .....	44
Obrázek 4.9 – Vzorek 4A .....	44
Obrázek 4.10 – Vzorek 5A .....	44

Obrázek 4.11 – Vzorek 1B .....	45
Obrázek 4.12 – Vzorek 1C .....	45
Obrázek 4.13 – Vzorek 1D .....	45
Obrázek 4.14 – Vzorek 1E .....	46
Obrázek 4.15 – Třída symbolů dle ISO / IEC 15415 <sup>18</sup> .....	46
Obrázek 4.16 – Rozhraní kamery In-sight 8000 .....	47
Obrázek 4.17 – Testování kamery In-sight 8000 .....	47
Obrázek 4.18 – Rozhraní kamery Dataman 150/260 .....	48
Obrázek 4.19 – Testování kamery Dataman 150/260 .....	49
Obrázek 4.20 – Rozhraní kamery O2I104 .....	50
Obrázek 4.21 – Testování kamery O2I104 .....	50

## Seznam tabulek

Tabulka 4.1 - Vlastnosti kamery In-Sight 8000 .....	37
Tabulka 4.2 - Vlastnosti kamery Dataman 150/260 .....	38
Tabulka 4.3 - Vlastnosti kamery O2I104 .....	38
Tabulka 4.4 - Přehled variant .....	39
Tabulka 4.5 - Hodnocení expertů .....	39
Tabulka 4.6 - Výsledky koeficientu významnosti .....	40
Tabulka 4.7 - Výsledky vícekriteriálního rozhodování.....	42
Tabulka 4.8 - Výsledky načítání kvality DMC kamery In-sight 8000.....	47
Tabulka 4.9 - Výsledky načítání kvality DMC kamery Dataman 150/260 .....	49
Tabulka 4.10 - Výsledky načítání kvality DMC kamery O2I104 .....	51
Tabulka 5.1 - Výsledky kvality DMC jednotlivých kamer.....	52
Tabulka 5.2 - Souhrn výsledků .....	53

## Seznam Příloh

Příloha 1 – Ověření vzorku 1A

Příloha 2 – Ověření vzorku 2A

Příloha 3 – Ověření vzorku 3A

Příloha 4 – Ověření vzorku 4A

Příloha 5 – Ověření vzorku 5A

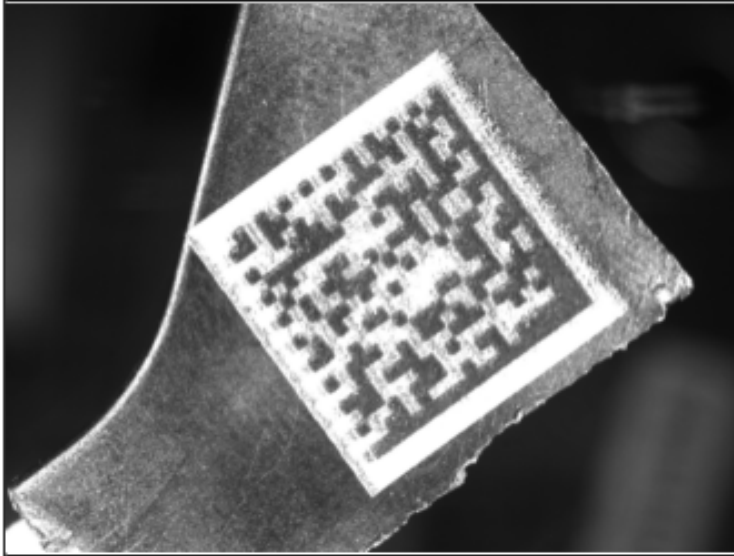
## Report Summary

<b>Data</b>	F-607475.06-0011 0012 200228003450
<b>Symbology</b>	DataMatrix

## Verification Grades

Standard	Grade	Aperture	Wavelength	Lighting	Formal Grade
ISO 29158 (AIM-DPM)	B (3.0)	16	660	45Q	DPM 3.0/16/660/45Q
Generic	Pass				

**Image**



### General Characteristics

Matrix Size	20x20 (Data: 18x18)
Horizontal BWG	1%
Vertical BWG	6%
Encoded characters	34
Total Codewords	40
Data Codewords	22
Error Correction Budget	18
Errors Corrected	0
Error Capacity Used	0
Error Correction Type	ECC 200
Image	Black on white
Nominal X Dim	19.3 mil
Contrast Uniformity	32 at module(17,7)

### ISO29158 Quality Parameters

1. Unused Error Correction (UEC)	A	100%		PASS
2. Cell Contrast (CC)	A	57%	RI/Rd (100/43)	PASS
3a. Cell Modulation (CMOD)	B			PASS
3b. Reflectance Margin (RM)	B			PASS
4. Axial Nonuniformity (ANU)	A	0.4%		PASS
5. Grid Nonuniformity (GNU)	A	9.0%		PASS
6. Fixed Pattern Damage (FPD)	A	4.0		PASS
7. Left 'L' Side (LLS)	A			PASS
8. Bottom 'L' Side (BLS)	A			PASS
9. Left Quiet Zone (LQZ)	A			PASS
10. Bottom Quiet Zone (BQZ)	A			PASS
11. Top Quiet Zone (TQZ)	A			PASS
12. Right Quiet Zone (RQZ)	A			PASS
13. Top Transition Ratio (TTR)	A	0%		PASS
14. Right Transition Ratio (RTR)	A	0%		PASS
15. Top Clock Track (TCT)	A			PASS
16. Right Clock Track (RCT)	A			PASS
17. Distributed Damage Grade (DDG)	A	4.0		PASS
18. DECODE	A			PASS
19. Minimum Reflectance (MR)	A	6%		PASS

### Modulation Values

99	64	99	98	99	99	99	99	99	99	99	99	99	96	99	99	99	99	99	99	99
99	51	99	95	78	93	99	99	99	96	81	90	99	99	99	96	99	99	96	99	99
99	76	85	73	99	81	99	89	99	99	87	73	98	76	99	78	99	99	99	99	82
99	85	82	99	99	99	99	96	99	99	93	85	99	99	99	99	99	99	99	79	71
99	98	92	89	99	81	95	98	99	99	99	99	59	46	99	65	99	99	99	99	99
99	87	73	79	99	89	95	99	99	82	82	99	59	99	99	99	99	95	56	99	67
99	95	99	89	79	93	85	99	99	93	98	60	96	99	87	99	99	99	99	99	99
99	79	99	99	99	99	89	99	99	89	99	99	89	59	60	99	99	99	99	99	87
99	90	99	99	99	99	65	93	96	95	87	96	96	93	99	99	99	48	85	99	99
99	92	95	99	78	78	99	96	99	99	98	99	71	73	99	99	98	99	87	99	92
99	99	99	99	99	99	87	99	87	99	99	99	99	99	57	99	95	99	92	57	99
99	92	89	93	99	96	57	99	99	99	99	90	89	98	99	92	81	85	89	99	78
99	95	99	92	98	99	99	99	85	99	99	87	99	84	99	78	99	99	99	99	95
99	99	99	99	99	99	99	64	84	78	99	99	95	99	99	99	99	93	81	99	48
99	98	64	96	84	54	99	87	82	95	76	99	95	65	68	93	48	85	62	99	99
99	95	89	99	99	93	99	99	98	99	95	39	99	99	73	99	71	96	99	99	87
99	89	99	99	99	92	95	99	99	99	99	87	79	81	99	71	59	99	79	65	99
99	95	85	99	84	99	99	85	85	93	98	81	92	81	99	99	99	99	99	99	73
99	93	82	99	99	68	99	99	32	99	96	95	99	90	93	99	67	81	99	48	98
99	95	99	92	99	99	96	71	70	99	85	99	75	98	79	54	99	95	57	99	79
99	89	99	93	99	99	99	99	85	99	99	98	99	99	99	99	99	99	99	99	92
99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	98	75	99	99	99	99	99









## DataMan DM8072V Verification Report

Software Version: 5.7.7\_sr4, Unit Serial: 1A1820PP273379

Verified: 12.05.2020 8:14:17, Last Calibrated: 31.03.2020 11:38:48

Page 1 of 1

## Report Summary

Data	F-607475.46-0411 03150 2019.12.24 15:48 0767
Symbology	DataMatrix

## Verification Grades

Standard	Grade	Aperture	Wavelength	Lighting	Formal Grade
ISO 29158 (AIM-DPM)	C (2.0)	14	660	90	DPM 2.0/14/660/90
Generic	Pass				

Image



## General Characteristics

Matrix Size	22x22 (Data: 20x20)
Horizontal BWG	21%
Vertical BWG	37%
Encoded characters	44
Total Codewords	50
Data Codewords	30
Error Correction Budget	20
Errors Corrected	2
Error Capacity Used	4
Error Correction Type	ECC 200
Image	Black on white
Nominal X Dim	18.2 mil
Contrast Uniformity	2 at module(19,1)

## ISO29158 Quality Parameters

1. Unused Error Correction (UEC)	A	80%		PASS
2. Cell Contrast (CC)	A	53%	RI/Rd (100/47)	PASS
3a. Cell Modulation (CMOD)	B			PASS
3b. Reflectance Margin (RM)	B			PASS
4. Axial Nonuniformity (ANU)	A	0.1%		PASS
5. Grid Nonuniformity (GNU)	A	18.9%		PASS
6. Fixed Pattern Damage (FPD)	C	2.0		PASS
7. Left 'L' Side (LLS)	B			PASS
8. Bottom 'L' Side (BLS)	B			PASS
9. Left Quiet Zone (LQZ)	C			PASS
10. Bottom Quiet Zone (BQZ)	C			PASS
11. Top Quiet Zone (TQZ)	B			PASS
12. Right Quiet Zone (RQZ)	B			PASS
13. Top Transition Ratio (TTR)	A	0%		PASS
14. Right Transition Ratio (RTR)	A	0%		PASS
15. Top Clock Track (TCT)	A			PASS
16. Right Clock Track (RCT)	A			PASS
17. Distributed Damage Grade (DDG)	B	3.6		PASS
18. DECODE	A			PASS
19. Minimum Reflectance (MR)	-			PASS

## Modulation Values

61	69	99	96	99	76	90	84	99	94	99	90	99	82	78	51	90	82	98	40	75	44	67	48	
65	97	99	95	99	82	99	68	99	75	99	86	99	88	94	84	99	88	99	96	53	91	99	90	
90	99	94	99	88	84	99	96	99	75	75	99	99	99	77	88	99	99	82	84	99	96	95	92	
92	99	93	99	93	97	77	73	99	99	99	82	99	82	99	94	99	93	99	99	93	96	99	61	
90	99	91	93	99	99	99	77	73	99	99	99	75	99	86	99	99	97	99	97	99	99	99	73	
98	99	86	99	99	86	99	80	99	99	99	82	99	88	82	99	86	86	99	76	99	99	51	57	
99	99	99	86	99	88	99	99	80	99	73	99	80	99	99	99	86	95	99	96	99	99	99	61	
94	99	36	97	97	91	80	99	99	99	99	84	99	80	91	99	95	95	55	99	99	99	96	75	
76	99	99	99	97	99	99	99	80	77	99	93	82	99	96	99	99	99	99	99	99	95	99	69	
80	99	99	99	99	99	88	88	99	86	84	91	99	99	99	93	99	99	99	99	99	99	90	75	
80	99	99	99	96	99	86	99	99	95	88	93	99	99	99	93	93	99	99	99	99	99	99	80	
73	99	99	99	99	99	99	95	93	99	99	99	99	99	99	93	93	99	99	99	99	0	99	76	67
82	99	99	86	99	97	99	93	88	99	95	99	93	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	51	
67	99	99	95	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	50	
48	99	61	99	99	99	98	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	73	99	99	55
40	99	73	99	99	42	99	99	98	99	98	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	61	78
48	99	76	99	99	88	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	86	99	57	99	46	99	50	
42	88	99	99	99	99	80	99	99	99	99	99	99	67	99	99	57	99	99	99	99	76	71	50	
48	99	86	80	99	99	65	84	99	99	99	99	99	99	57	99	96	86	99	48	99	99	99	30	
76	99	99	99	99	99	86	99	78	99	99	99	90	99	99	99	82	92	82	86	71	59	75	57	
65	99	0	99	99	91	93	71	93	96	90	99	99	99	99	93	94	78	94	94	67	80	99	99	44
38	99	99	26	40	95	91	88	93	93	97	99	99	99	94	99	99	99	96	96	99	84	82	61	
30	99	99	99	99	88	75	82	86	86	91	91	91	95	95	99	99	99	97	99	99	99	99	99	36
17	32	36	80	71	67	99	84	69	96	63	92	69	82	61	71	55	75	80	50	44	44	38	26	

